

PERBANDINGAN NILAI KUAT GESER TANAH DENGAN KETEBALAN PEMADATAN 20 CM DAN 40 CM

Andhika Putra Setiawan¹, Alfred Jonathan Susilo², dan Lounardy Febrian³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
Andhika.325200050@stu.untar.ac.id

²Program Studi Doktor Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
alfred@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
Lounardy.325200080@stu.untar.ac.id

Masuk: 26-06-2024, revisi: 15-07-2024, diterima untuk diterbitkan: 18-09-2024

ABSTRACT

Soil compaction is one of the methods used to improve soil quality, such as increasing shear strength and load-bearing capacity, reducing compressibility and permeability of soil, and minimizing volume changes due to variations in moisture content. Soil compaction requires soil lift thickness according to standards, typically around 100-200 mm. If compaction is done with an inappropriate soil lift thickness, the effectiveness of the compaction may be compromised. Testing results show that compaction with a 20 cm layer of soil yields cohesive value of 0.7 kg/cm² and shear angle values of a 23.2°, with a shear strength value of 72.57 kPa. Compaction with a 40 cm layer of soil yields cohesive value of 0.36 kg/cm² and shear angle values of 22.6°, with a shear strength value of 39.21 kPa. Comparing the results from these two different thicknesses shows that compaction at 40 cm results in significantly reduced values compared to the 20 cm thickness. Therefore, it is crucial to ensure proper thickness during field compaction to avoid compromising the structure being built.

Keywords: Soil compaction; cohesion; angle of internal friction; shear strength; soil lift thickness

ABSTRAK

Pemadatan tanah merupakan salah satu metode peningkatan kualitas tanah, seperti kenaikan kuat geser dan kapasitas menahan beban, pengurangan kompresibilitas dan permeabilitas tanah, dan mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air. Pemadatan tanah memiliki ketebalan lapisan tanah yang sesuai standar yaitu sekitar 100-200 mm. Jika dilakukan pemadatan dengan ketebalan yang tidak sesuai maka hasil pemadatan menjadi kurang efektif. Hasil pengujian pemadatan dengan ketebalan lapisan tanah 20 cm menghasilkan nilai kohesi sebesar 0,7 kg/cm² dan sudut geser sebesar 23,2°, dengan nilai kuat geser sebesar 72,57 kPa. Pemadatan dengan ketebalan lapisan tanah 40 cm mendapatkan nilai kohesi sebesar 0,36 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 22,6°, dengan nilai kuat geser sebesar 39,21 kPa. Dari hasil yang didapatkan dari 2 jenis ketebalan tanah yang berbeda dapat dilihat bahwa pemadatan pada 40 cm menghasilkan nilai yang cukup menurun dibanding ketebalan 20 cm. Sehingga pemadatan yang dilakukan pada ketebalan yang 40 cm kurang efektif, dan perlu diperhatikan pada saat pemadatan dilakukan di lapangan agar tidak membahayakan struktur yang dibangun.

Kata kunci: Pemadatan; kohesi; sudut geser dalam; kuat geser; ketebalan lapisan tanah

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan bahan bumi yang terdiri dari bahan organik dan non organik (Murthy, 2002), yang digunakan sebagai alas atau tempat berdirinya suatu bangunan di dalam dunia konstruksi. Tanah juga bekerja sebagai penahan beban di mana beban yang bekerja pada bangunan akan mengalir dari struktur atas ke fondasi, lalu dari fondasi ke tanah. Pada umumnya, tanah bersifat *erratic* atau tidak teratur, sehingga reaksi dari tanah terhadap adanya beban bervariasi dan tidak dapat diprediksi tanpa adanya pengujian atau pengecekan terlebih dahulu. Maka diperlukan untuk pelajari dan mengerti sifat dari tanah, seperti asalnya, distribusi ukuran butiran, kemampuan untuk mengalirkan air, kompresibilitas, kuat geser, dan kapasitas menahan beban (Das & Sobhan, 2014).

Pada umumnya, tanah dapat dikategorikan dalam 4 jenis berdasarkan ukuran butiran. Tanah yang memiliki diameter 4,75-76,2 mm dikatakan kerikil, dan jika tanah dapat terlihat mata tetapi memiliki diameter < 4,75 mm, dikatakan jenis pasir. Tanah yang berdiameter 0,075-0,002 mm dikatakan lempung, dan tanah yang di bawah 0,002 mm termasuk

lanau. Di Jakarta, jenis tanah yang paling banyak ditemukan adalah tanah lempung dan lanau, dan tanah ini dapat dikatakan bersifat ekspansif, yaitu tanah yang sensitif terhadap perubahan volume tanah diakibatkan oleh kadar air dalam tanah tersebut. Jika kadar air dalam tanah meningkat, maka volume tanah juga akan meningkat, begitu juga sebaliknya. Sifat tanah yang tidak pasti ini menjadi resiko bagi pihak yang ingin membangun suatu struktur, maka jika terdapat tanah lempung dan lanau pada suatu lokasi proyek, ada keperluan Tindakan untuk mengurangi atau mencegah sifat ekspansif dari tanah tersebut.

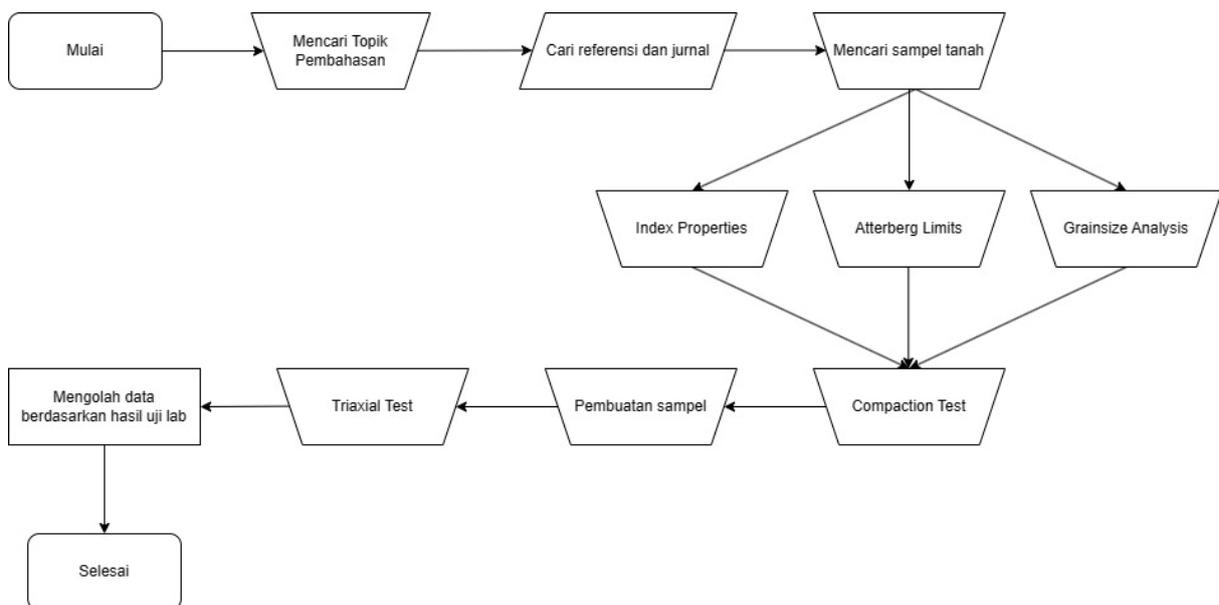
Salah satu cara untuk mencegah sifat tanah yang kurang baik adalah pemadatan. Pemadatan tanah adalah proses peningkatan kepadatan tanah secara mekanis dengan cara mengumpulkan partikel-partikel tanah menjadi lebih padat dan mereduksi rongga udara, (Government of India Ministry of Railways, 2005). Proses pemadatan biasanya dilakukan dengan menggunakan alat berat seperti *stamper*, *sheepfoot roller*, dan lain-lain. Proses pemadatan menghasilkan beberapa peningkatan pada tanah seperti kenaikan kuat geser dan kapasitas menahan beban, pengurangan kompressibilitas dan permeabilitas tanah, dan mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air.

Dalam proses pemadatan, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari pemadatan tanah tersebut, dengan salah satu faktor yaitu ketebalan dari tanah yang dipadatkan atau biasa disebut *lift thickness*. Menurut *Wisconsin Department of Transportation* (Fratta & Kim, 2015), *lift thickness* yang layak untuk dipadatkan di lapangan antara 200 – 300 mm. Apabila pemadatan tanah yang dilakukan lebih dari standar yang ditentukan, hasil dari pemadatan akan berkurang dan dapat membahayakan struktur. Terdapat studi kasis di negara Nigeria Barat Daya (Emmanuel et al., 2021) di mana terjadi kegagalan jalan, yang diakibatkan oleh nilai CBR yang rendah, dikarenakan pelaksanaan peningkatan parameter tanah tidak dilakukan dengan baik.

Kejadian seperti studi kasus yang terjadi di Nigeria menandakan adanya proses pemadatan yang tidak sesuai dengan keperluan lokasi, salah satunya yaitu lapisan pemadatan yang dilakukan. Ketebalan lapisan pemadatan yang lebih tebal dapat menghematkan biaya, waktu, dan tenaga kerja tetapi dampak terhadap kualitas dari pemadatan tanah kemungkinan cukup signifikan. Tujuan dari peniltian ini untuk mencari pengaruh tebal lapisan pemadatan terhadap kualitas pemadatan yang dilakukan, dengan pengujian yang dilakukan *triaxial test*.

2. METODE PENELITIAN

Pada Gambar 1, penelitian dimulai dari penentuan topik mengenai *lift thickness* tanah untuk simulasi kondisi lapangan di Jakarta. Dimulai dengan mencari parameter tanah, seperti berat jenis, distribusi butiran, kadar air optimum, dan lain-lain. Setelah mendapatkan parameter, dicari data yang diperlukan untuk analisis kuat geser, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pengujian yang dilakukan untuk mencari nilai kohesi dan sudut geser dalam adalah pengujian Triaxial. Pengujian triaxial dilakukan dengan standar ASTM D2850-87 (ASTM Volume 04.08). Setelah mendapatkan nilai kuat geser, dianalisis hasilnya untuk mencari hubungan antara *lift thickness* tanah yang dipadatkan, dengan nilai kuat geser yang dihasilkan. Pemadatan dilakukan dengan 2 lapis tanah, dan nilai kuat geser yang ditinjau dapat dibanding pada setiap lapisan (Tebal 20 cm lapis 1 dengan Tebal 40 cm lapis).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pembuatan sampel pengujian

Untuk pembuatan sampel yang dapat memenuhi kebutuhan pembahasan penelitian, diperlukan tanah yang dipadatkan 2 ketebalan yang beda, yaitu tinggi 20 cm dan 40 cm, sehingga diperlukan cetakan atau *mold* sampel yang dapat menampung tanah dengan kedalaman 20-40 cm setelah dipadatkan.

Daya pemadatan yang diberi saat pencetakan sampel dibuat konstan pada setiap sampel, agar perbandingan nilai kuat geser tidak terpengaruh oleh daya pemadatan tanah yang dapat mempengaruhi kekuatan dari sampel.

Dasar teori pemadatan

Dalam penelitian ini, pemadatan yang dilakukan berdasarkan aturan AASHTO Designation: T 99-10 yaitu *standard proctor test*. Alat yang digunakan dan ukuran cetakan berdasarkan spesifikasi dalam T99, seperti *hammer* dengan berat 2,498 kg dan diameter cetakan sebesar 4 inci. Spesifikasi lengkap dalam T99 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi pengujian *standard proctor T99*

	T99
<i>Mold Volume</i> , m ³	<i>Methods A, C</i> : 0,000943 ± 0,000014
	<i>Methods B, D</i> : 0,002124 ± 0,000025
<i>Mold Diameter</i> , mm	<i>Methods A, C</i> : 101,60 ± 0,40
	<i>Methods B, D</i> : 152,40 ± 0,70
<i>Mold Height</i> , mm	116,40 ± 0,50
<i>Detachable Collar Height</i> mm	50,80 ± 0,64
<i>Rammer Diameter</i> , mm	50,80 ± 0,25
<i>Rammer Mass</i> , kg	2,495 ± 0,009
<i>Rammer Drop</i> , mm	305 ± 2
<i>Layers</i>	3
<i>Blows per layer</i>	<i>Methods A, C</i> : 25
	<i>Methods B, D</i> : 56
<i>Material Size</i> , mm	<i>Methods A, B</i> : 4.75 minus
	<i>Methods C, D</i> : 19.0 minus
<i>Test Sample Size</i> , kg	Method A: 3
	Method C: 5(1)
<i>Energy</i> , kN-m/m ³	592

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter tanah

Pengujian yang dilakukan untuk mencari parameter tanah:

1. *Index Properties*
2. *Atterberg limits*
3. *Grain Size Analysis*, dan
4. *Compaction Test*

Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2, yang menunjukkan data *specific gravity* (G_s), *liquid limit*, *plastic limit*, dan kadar air optimum.

Tabel 2. Parameter sampel tanah

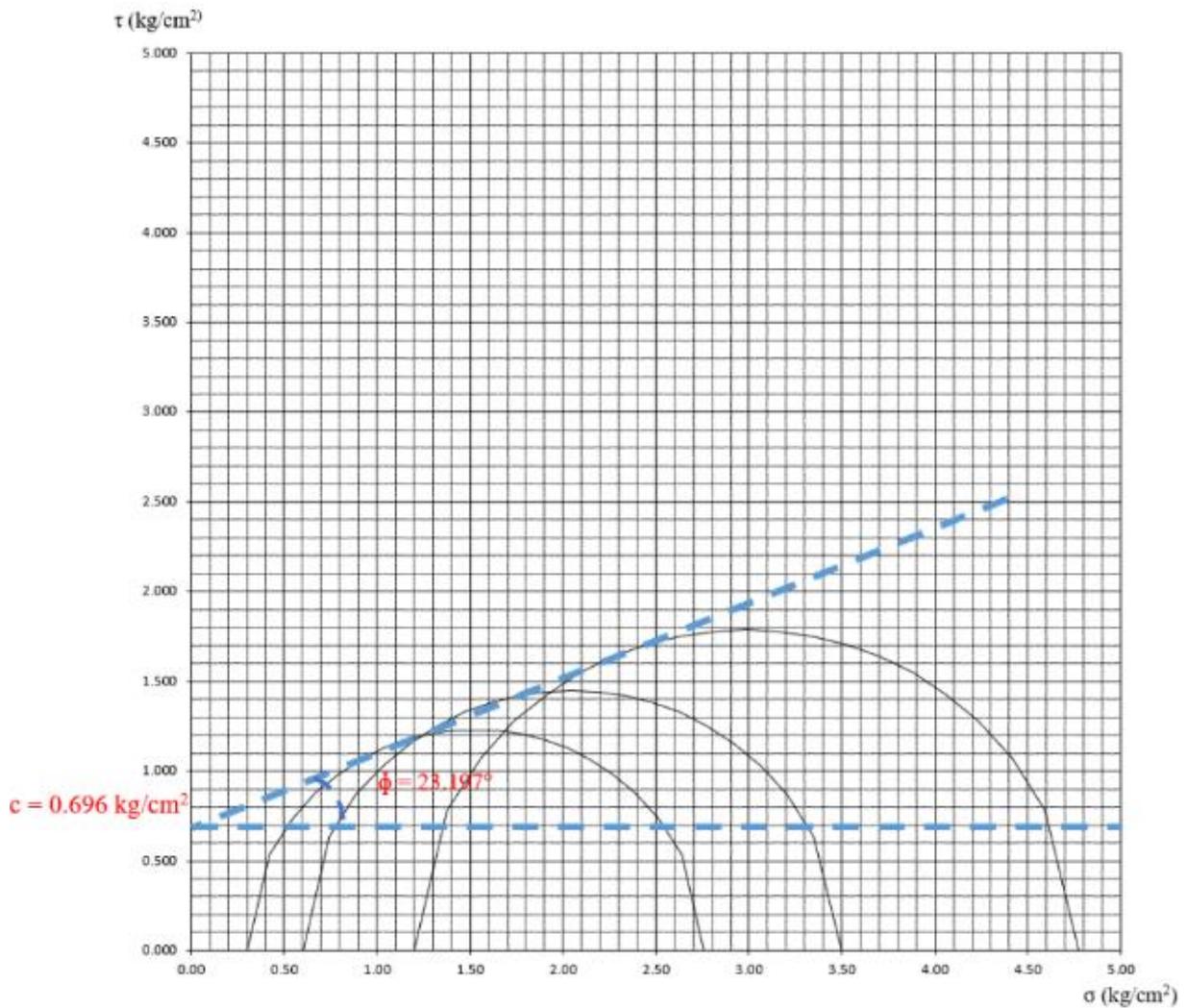
Parameter	Hasil
Berat Jenis Tanah (ASTM D854-23)	2,73
Batas Cair (ASTM D4318)	59%
Batas Plastis (ASTM D4318)	38,16%
Indeks Plastisitas (ASTM D4318)	20,84
γ_{wet}	0.00178 kg/cm ³
γ_{dry}	0.00136 gr/cm ³
Kadar Air Optimum (AASHTO T-99)	30,8%

Pengujian Triaxial

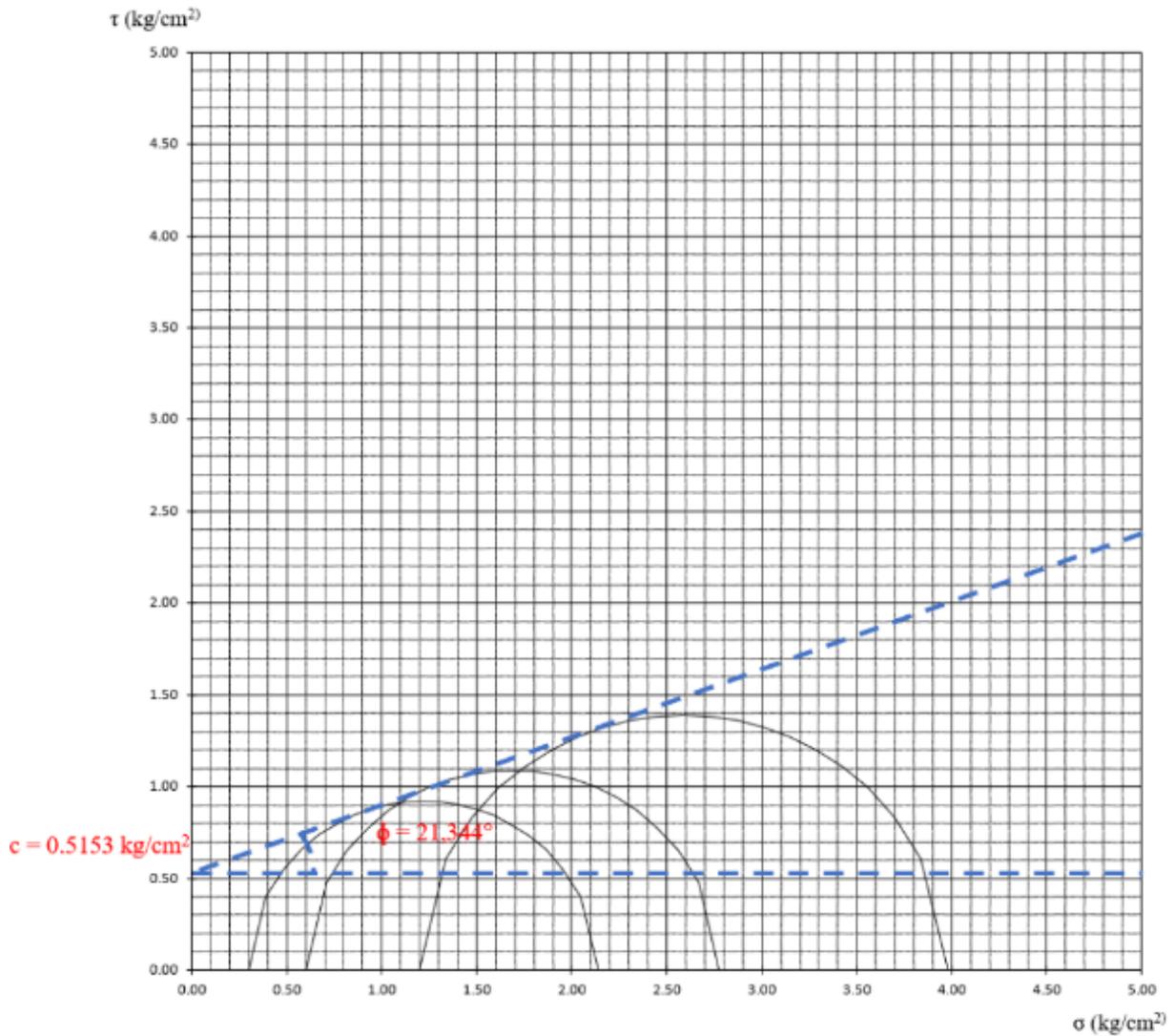
Setelah mendapatkan parameter dari sampel tanah, dilanjutkan dengan mencari data kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), untuk menghitung nilai kuat geser pada masing-masing sampel. Nilai kohesi dan sudut geser dalam dapat dicari dengan meninjau grafik lingkaran mohr setiap sampel, dengan contoh lingkaran mohr dari pengujian tebal 20 cm lapis bawah dan lapis atas seperti di Gambar 2-3.

Data untuk menghitung kuat geser dapat dilihat pada Tabel 3-4.

Dengan data kohesi dan sudut geser yang didapatkan dari grafik lingkaran mohr, dapat dihitung nilai kuat geser berdasarkan rumus (Holtz et al., 1981) yang dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 2. Grafik lingkaran Mohr tebal 20 cm lapis bawah



Gambar 3. Grafik lingkaran Mohr tebal 20 cm lapis atas

Tabel 3. Hasil pengujian triaxial lapis bawah

Sampel	kohesi, c (kg/cm^2)	Sudut Geser, ϕ ($^\circ$)
20 cm	0,696	23,2
40 cm	0,36	22,6

Tabel 4. Hasil pengujian triaxial lapis atas

Sampel	kohesi, c (kg/cm^2)	Sudut Geser, ϕ ($^\circ$)
20 cm	0,52	21,3
40 cm	0,33	25,12

Tabel 5. Summary nilai kuat geser

	20 cm (kPa)	40 cm (kPa)
Lapis Atas	54,433	37,177
Lapis Bawah	72,57	39,212
Selisih	18,137	2,034

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Nilai kuat geser maks yang didapatkan sebesar 9,4552 kg/cm² dari sampel 20 cm lapis bawah, dan nilai paling kecil sebesar 2,5291 kg/cm² dari sampel 50 cm lapis atas.
2. Tebal lapisan tanah atas dapat mempengaruhi daya yang berdampak pada lapis tanah bawah, di mana semakin tebal lapisan tanah atas, semakin kecil daya yang berdampak ke lapis tanah bawah.
3. Dapat dilihat berdasarkan penelitian ini bahwa ketebalan dari tanah yang dipadatkan dapat mempengaruhi kualitas dari tanah, sehingga proses pemadatan di lapangan perlu dilakukan *quality control* agar sesuai dengan SNI dan tidak dilakukan dengan sembarangan, agar tidak membahayakan nyawa orang.
4. Terdapat pengaruh dari tanah lapisan atas ke tanah lapisan bawah terhadap kuat geser, di mana daya pemadatan dari lapis atas dapat meningkatkan kuat geser lapis bawah.
5. Sampel tanah yang didapatkan memiliki kuat geser yang berbeda jika tebal lapisan (lift thickness) yang ditentukan berbeda.

Saran

1. Pada pengujian dilakukan pada kondisi kadar air optimum, yang perlu diatur sebelumnya, sebagai kelanjutan penelitian ini dapat diuji dengan kadar air yang berbeda sebagai perbandingan dengan kondisi lapangan
2. Untuk simulasi kondisi lapangan lebih akurat, dapat dilakukan dengan daya pemadatan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2010). *Standard method of test for moisture-density relations of soils using a 2.5-kg (5.5-lb) rammer and a 305-mm (12-in.) drop* (AASHTO Designation: T 99-10).
- ASTM International. (2009). *Soil and rock (I): D420 – D5876/D5876m* (ASTM Volume 04.08).
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2014). *Principles of geotechnical engineering* (edisi ke 8). Cengage Learning.
- Emmanuel, U. O., Ogbonnaya, I., & Uche, U. B. (2021). An investigation into the cause of road failure along Sagamu-Papalanto highway southwestern Nigeria. *Geoenviron Disasters*, 8(3). <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00174-8>
- Fratia, D., & Kim, K. S. (2015). *Effective depth of soil compaction in relation to applied compactive energy* (No. 0092-08-11). Wisconsin. Dept. of Transportation. Research and Library Unit. <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/29502>
- Geotechnical Engineering Directorate Research Designs & Standards Organization. (2005). *Study report on compaction equipments and construction machinery*. Government of India Ministry of Railways.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (1981). *An introduction to geotechnical engineering* (Vol. 733). Prentice-hall.
- Murthy, V. N. S. (2002). *Geotechnical engineering: principles and practices of soil mechanics and foundation engineering*. CRC press.