

## KARAKTERISTIK PARAMETER KEKUATAN TANAH YANG DIPADATKAN DENGAN UJI TRIAKSIAL METODE UJ

Alfred Jonathan Susilo<sup>1</sup>, Gregorius Sandjaja Sentosa<sup>2</sup>, Inda Sumarli<sup>3</sup>, dan Aniek Prihatiningsih<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
Surel: [alfred@ft.untar.ac.id](mailto:alfred@ft.untar.ac.id)

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
Surel: [gregoriuss@ft.untar.ac.id](mailto:gregoriuss@ft.untar.ac.id)

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
Surel: [indas@ft.untar.ac.id](mailto:indas@ft.untar.ac.id)

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
Surel: [aniekp@ft.untar.ac.id](mailto:aniekp@ft.untar.ac.id)

### ABSTRACT

*Landfill that will be used as the foundation of a main road is usually compacted by being flattened with certain energy. Soil strength can be identified through cohesion values and deep shear angles. When compaction is done in the field, the ideal condition is when optimum water content cannot always be obtained, so compaction can occur drier or wetter than optimum water content. As a result, the value of the cohesion parameters and the shear angle shift in a certain range of values. This research was conducted by simulating compaction conditions at optimum water content, 98% drier than optimum moisture content and 98% wetter than optimum moisture content. Soil samples are made in a laboratory and tested on a triaxial device. Soil strength parameters obtained from triaxial tests with unconsolidated undrained (UU) with compacted soil samples have been tested in the laboratory. Triaxial test standard uses ASTM D2850-87 and SNI 4813-2015 standards. The composition of grain size of soil samples is dominated by silt type, which is more than 60%, around 25% of sand, and the rest being fine-grained soil. Compaction is carried out at optimum moisture content, 98% drier than optimum moisture content and 98% wetter than optimum moisture content. Compaction is carried out with the AASHTO standard, T-99 standard for standard compaction and T-180 standard for modified compaction. The average cohesion values obtained tend to be almost the same, however, compaction with optimum moisture content conditions sees an increase of nearly 900% between standard and modified compaction. While the shear angle parameters tend to decrease when compacted under wetter conditions than the optimum water content.*

**Keywords:** cohesion, deep shear angle, triaxial, standard compaction, modified compaction

### ABSTRAK

*Timbunan tanah yang akan digunakan sebagai fondasi jalan raya biasanya dipadatkan dengan cara digilas dengan energi tertentu. Kekuatan tanah dapat diidentifikasi melalui nilai kohesi dan sudut geser dalam. Ketika pemadatan dilakukan di lapangan kondisi ideal yaitu pada saat kadar air optimum tidak selalu bisa diperoleh, sehingga pemadatan dapat terjadi lebih kering atau lebih basah dari kadar air optimum. Akibatnya nilai parameter kohesi dan sudut geser dalam mengalami pergeseran pada rentang nilai tertentu. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi kondisi pemadatan pada kadar air optimum, 98% lebih kering dari kadar air optimum dan 98% lebih basah dari kadar air optimum. Contoh tanah dibuat di laboratorium dan diuji pada alat triaksial. Parameter kekuatan tanah yang diperoleh dari uji triaksial dengan unconsolidated undrained (UU) dengan sampel tanah yang dipadatkan telah dicoba di laboratorium. Standar uji Triaksial menggunakan standar ASTM D2850-87 dan SNI 4813-2015. Komposisi ukuran butir contoh tanah didominasi oleh jenis lanau, lebih dari 60%, pasir sekitar 25% dan selebihnya tanah berbutir halus. Pemadatan dilakukan untuk kondisi kadar air optimum, 98% lebih kering dari kadar air optimum dan 98% lebih basah dari kadar air optimum. Untuk pemadatan dilakukan dengan standar AASHTO, standar T-99 untuk pemadatan standar dan standar T-180 untuk pemadatan modifikasi. Nilai kohesi rata-rata yang diperoleh cenderung hampir sama, tetapi pada pemadatan dengan kondisi kadar air optimum terlihat terjadi peningkatan hampir 900% antara pemadatan standar dan modifikasi. Sedangkan parameter sudut geser dalam cenderung turun ketika dipadatkan pada kondisi lebih basah dari pada kadar air optimum.*

**Kata kunci:** kohesi, sudut geser dalam, triaksial, pemadatan standar, pemadatan modifikasi

## 1. PENDAHULUAN

Penelitian ini mengambil contoh tanah di sekitar Kotamadya Padang, Provinsi Sumatra Barat, yang biasa diambil sebagai tanah timbunan fondasi jalan. Ketika akan membuat fondasi jalan raya biasanya tanah dipadatkan dengan cara digilas dengan enersi tertentu. Kekuatan tanah dapat diidentifikasi melalui nilai kohesi dan sudut geser dalam. Pemadatan yang dilakukan di lapangan diharapkan pada kondisi ideal yaitu pada saat kadar air optimum (OMC), tetapi kondisi ideal ini tidak selalu bisa diperoleh. Pemadatan dapat terjadi pada kondisi kadar air lebih kering atau lebih basah dari kadar air optimum (OMC). Akibatnya nilai parameter kohesi dan sudut geser dalam mengalami pergeseran pada rentang nilai tertentu. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi rentang pergeseran nilai kohesi dan sudut geser dalam. Di laboratorium kondisi pemadatan disimulasi pada kadar air optimum, 98% lebih kering dari kadar air optimum (OMC – 2%) dan 98% lebih basah dari kadar air optimum (OMC + 2%). Contoh tanah dibuat di laboratorium dan diuji pada alat triaksial. Dari uji triaksial dengan metode *unconsolidated undrained* (UU) diperoleh parameter kohesi dan sudut geser dalam.

Kestabilan timbunan tanah yang akan menjadi fondasi jalan raya perlu dipastikan konsistensi kestabilannya dalam jangka pendek dan jangka panjang. Kestabilan jangka pendek dapat diidentifikasi melalui uji triaksial dengan kondisi *unconsolidated undrained* (UU), sedangkan untuk jangka panjang dapat diidentifikasi dengan uji *consolidated undrained* (CU). Uji CU relatif memerlukan waktu uji yang lebih lama dan rumit.

Sebagai pendekatan praktis bila diketahui perubahan rentang nilai kohesi dan sudut geser dalam diharapkan sudah cukup untuk memperkirakan kestabilan timbunan. Penelitian ini akan dilakukan dengan mengamati perubahan rentang nilai kohesi dan sudut geser dalam di sekitar kadar air optimum.

Studi penelitian ini ingin menyoroti pembangunan timbunan tanah yang biasanya digunakan untuk mendukung badan jalan. Sentosa et al (2015) telah mengumpulkan contoh tanah yang tersebar pada 5 (lima) lokasi di Indonesia untuk memperkirakan potensi kekuatan dan ketahanan tanah dasar fondasi jalan raya agar dapat mencapai ketahanan lebih dari 50 tahun. Dari 5 (lima) lokasi tersebut tanah yang ditemukan dominan tanah lanau (MH), sehingga hampir tidak ada pilihan untuk mendapatkan tanah sebagai timbunan kecuali menggunakan jenis tanah tersebut. Jika tanah tersebut digunakan sebagai timbunan maka potensi ketahanan tanah sebagai timbunan dalam jangka pendek perlu diperiksa untuk memperkirakan prospek ketahanannya.

Untuk jangka pendek simulasi kekuatan dilakukan dengan menguji contoh tanah pada alat uji triaksial dengan kondisi *unconsolidated undrained* (UU). Bowles (1997) menyimpulkan bahwa tanah *clay* dalam kondisi UU akan memiliki sudut geser dalam  $0^\circ$ , sedangkan jika dalam kondisi *consolidated undrained* (CU) sudut geser dalamnya dapat berkisar  $3 - 20^\circ$ . Untuk tanah *silt* dan *silty sand* dalam kondisi UU dan lepas (*loose*) kisaran sudut geser dalam berada dalam kisaran  $20 - 22^\circ$ , sedangkan jika tanah dalam kondisi padat (*dense*) kisaran sudut geser dalam kira-kira  $25 - 30^\circ$ . Bowles juga memperlihatkan kisaran nilai sudut geser dalam berdasarkan indeks plastis tanah ( $I_p$ ), jika kisaran  $I_p$  berada pada nilai  $20 - 40$ , maka perkiraan nilai sudut geser dalam akan berkisar pada  $17 - 23^\circ$ .

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengujian di laboratorium, meliputi pengujian pendukung dan pengujian utama untuk mencari sudut geser dalam dan kohesi tanah. Uji pemadatan dilakukan

dengan standar AASHTO (2011), pemadatan standar dilakukan dengan standar T-99 sedangkan pemadatan modifikasi dilakukan dengan standar T-180.

Pengujian triaksial dilakukan sesuai standar ASTM D2850-87 (2009) dan SNI 4813-2015. Tanah yang akan diuji triaksial terlebih dahulu dipadatkan pada kondisi berat isi kering maksimum dan kemudian dibuat juga contoh tanah pada kondisi 98% lebih kering dan lebih basah dari berat isi kering maksimum. Contoh tanah kemudian dicetak menjadi contoh tanah untuk diuji pada alat uji triaksial.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara. Hasil pengujian karakteristik tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Jenis tanah yang diuji masuk klasifikasi MH menurut USCS dan kelas A3 menurut AASHTO. Pada Tabel 1. diperlihatkan nilai kadar air optimum (OMC) uji pemadatan standar dan modifikasi serta nilai berat isi kering dan kadar air ketika kondisi 98% dari berat isi kering maksimum pada sisi lebih kering dan basah (OMC – 2% dan OMC + 2%).

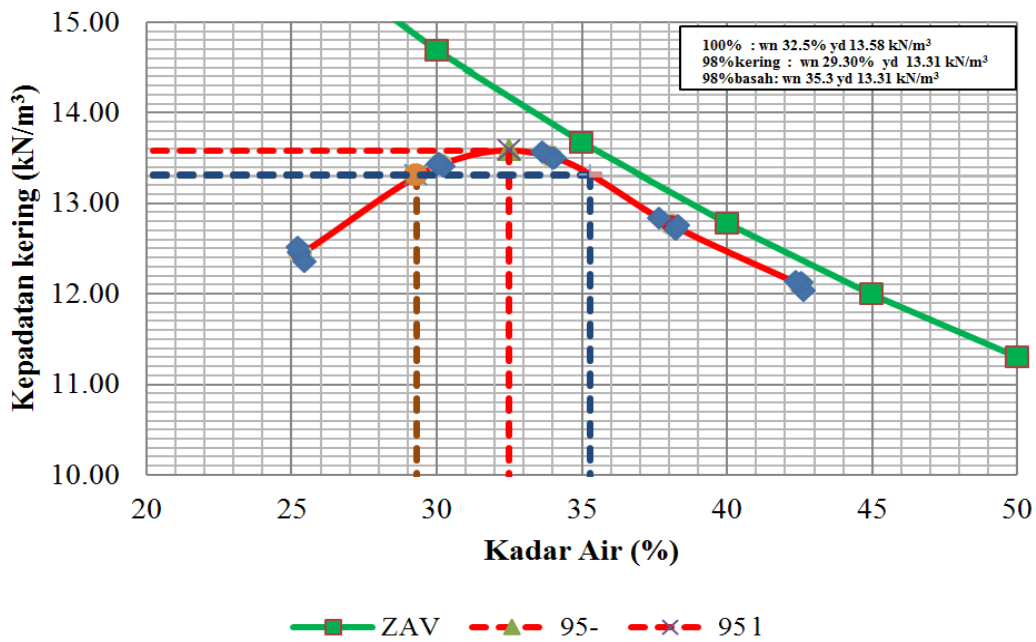
Tabel 1. Hasil uji laboratorium karakteristik tanah, pemadatan standar dan modifikasi

Uji Laboratorium	Hasil uji
<i>Specific Gravity</i>	
G <sub>s</sub>	2.72
Kadar air natural, w <sub>n</sub> (%)	59.69
<i>Batas Atterberg</i>	
Batas Cair w <sub>L</sub> (%)	72.70
Batas Plastis w <sub>P</sub> (%)	50.95
Indeks Plastisitas, I <sub>p</sub> (%)	21.75
<i>Grain Size</i> (ukuran butir)	
Gravel (%)	0
Pasir (%)	26.28
Lanau (%)	63.93
Lempung (%)	9.79
Klasifikasi Tanah (AASHTO)	A-3
Klasifikasi Tanah (USCS)	MH
<i>Parameter Pemadatan Standar</i>	
Kadar air optimum (OMC), w <sub>opt.</sub> (%)	32.50
Berat isi kering maksimum, γ <sub>dmaks</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	13.58
OMC – 2% (98% <sub>k</sub> , w <sub>opt</sub> (%)	13.31
γ <sub>d98%<sub>k</sub></sub> (kN/m <sup>3</sup> )	29.30
OMC + 2% (γ <sub>d102%<sub>b</sub></sub> , w <sub>opt</sub> (%)	35.30
γ <sub>d102%<sub>b</sub></sub> (kN/m <sup>3</sup> )	13.31
<i>Parameter Pemadatan Modifikasi</i>	
Kadar air optimum (OMC), w <sub>opt.</sub> (%)	26.80
Berat isi kering maksimum, γ <sub>dmaks</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	15.15
OMC – 2% (98% <sub>k</sub> ), w <sub>opt</sub> (%)	24.80
γ <sub>d98%<sub>k</sub></sub> (kN/m <sup>3</sup> )	14.85

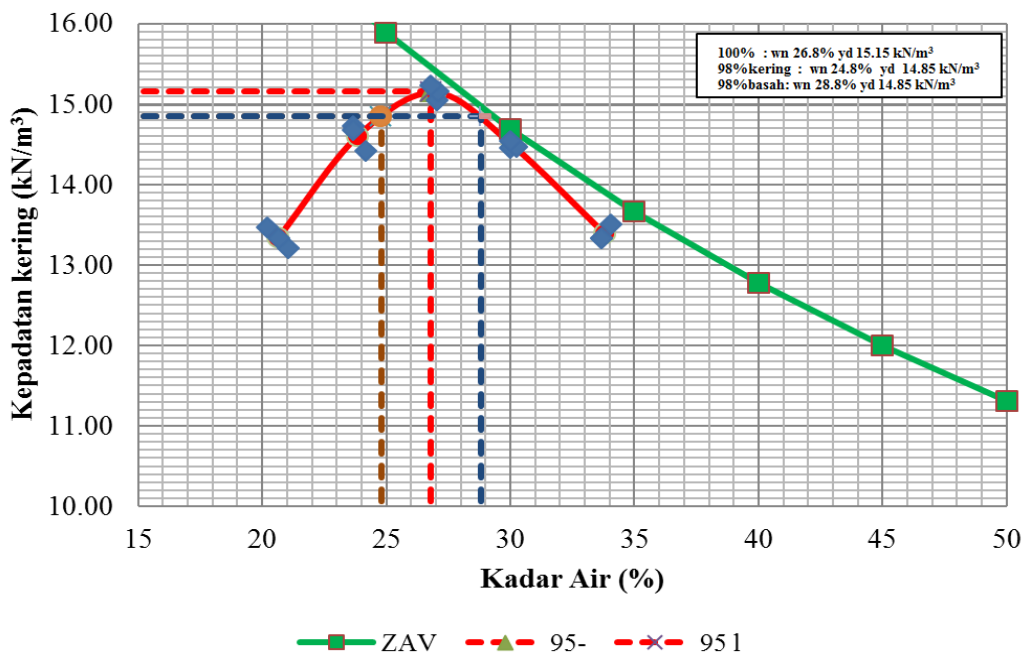
OMC + 2% (102%b), $w_{opt}$ (%)	28.80
$\gamma_{d102\%k}$ (kN/m <sup>3</sup> )	14.85

98%k = kondisi pada 98% dari berat isi kering maksimum pada sisi kering  
 102%b = kondisi pada 98% dari berat isi kering maksimum pada sisi basah

Hasil uji kompaksi dengan metode standar dan modifikasi dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.

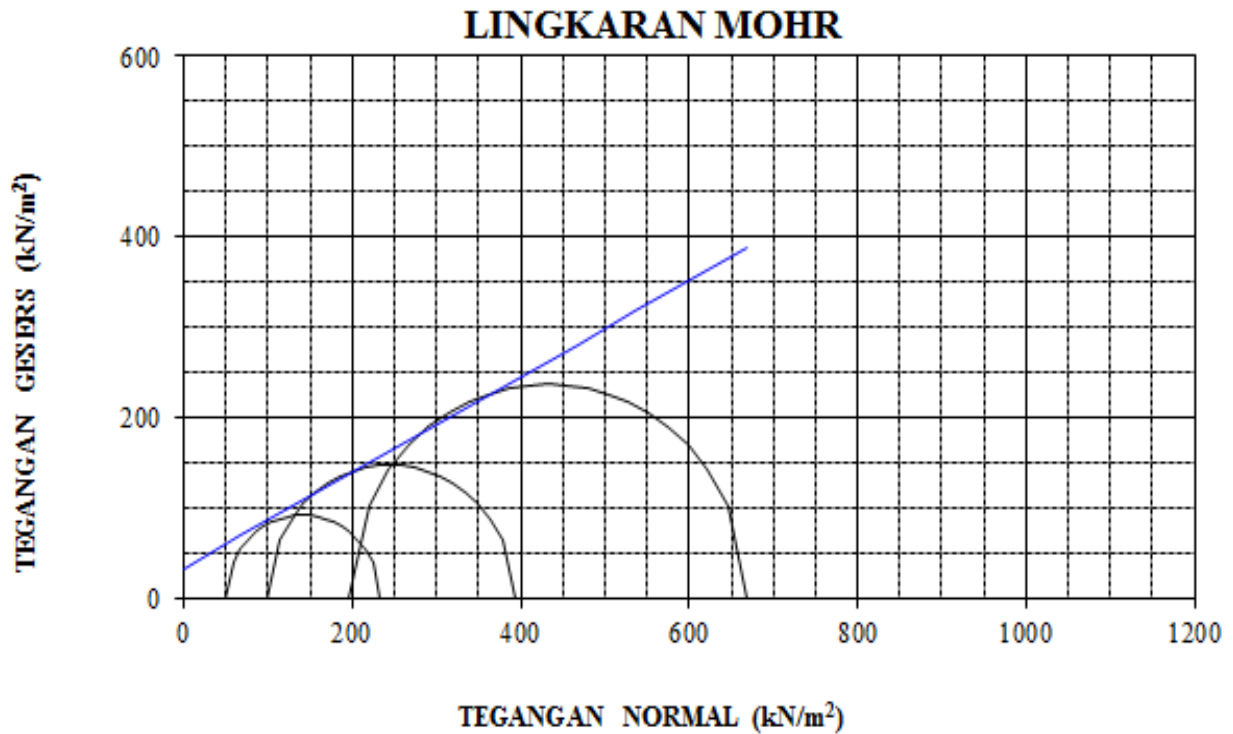


Gambar 1. Grafik hasil pengujian kompaksi metode standar

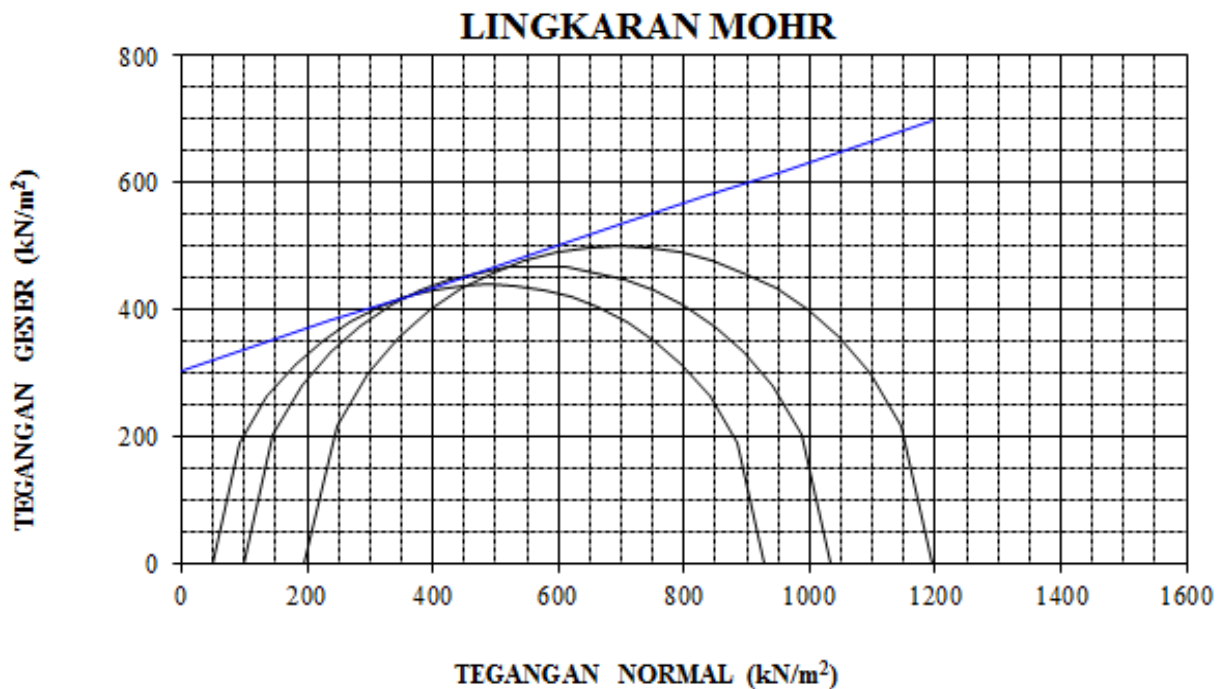


Gambar 2. Grafik hasil pengujian kompaksi metode modifikasi

Dari tiap pemadatan kemudian dibuat contoh tanah untuk uji triaksial. Benda uji triaksial dibuat 3 buah dengan variasi tekanan sel yang berbeda-beda agar dapat dibuat garis runtuh Mohr-Coulomb pada lingkaran Mohr, seperti terlihat pada Gambar 3 dan 4. Untuk masing-masing kondisi akan diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam yang berbeda-beda sesuai kondisi kadar airnya. Dari setiap kondisi tersebut akan diperoleh enam grafik lingkaran Mohr, contoh bentuk lingkaran Mohr dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 untuk kondisi kadar air optimum. Nilai-nilai kohesi dan sudut geser dalam untuk enam lingkaran Mohr dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Pengujian Triaksial dengan pemadatan metode modifikasi pada kondisi kadar air Optimum



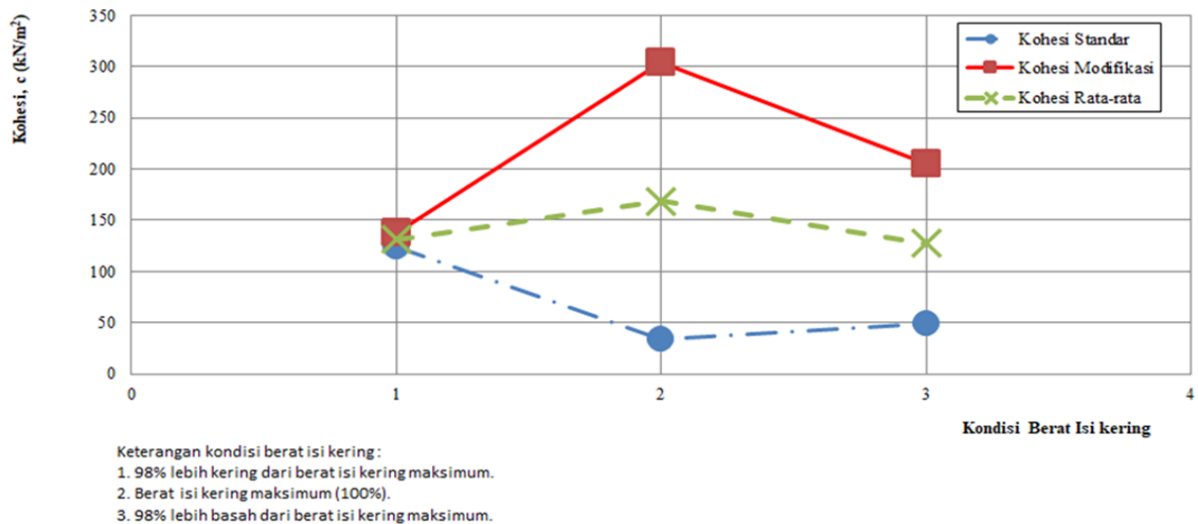
Gambar 4. Pengujian Triaksial dengan pemadatan metode modifikasi pada kondisi kadar air Optimum

Tabel 2. Hasil Uji Triaksial

No	Pengujian Triaksial metode UU untuk tanah yang dipadatkan	Nilai			Persentasi perubahan antara pemadatan standar dan modifikasi	Keterangan
		pemadatan standar	pemadatan modifikasi	rata-rata		
1	Kohesi pada kondisi 98% lebih kering, c	124.17	138.32	131.24	111.40%	kN/m <sup>2</sup>
2	Sudut geser dalam pada kondisi 98% lebih kering, $\phi$	27.69	39.62	33.65	143.05%	derajat
3	Kohesi pada kondisi optimum (100%), c	33.40	303.82	168.61	909.77%	kN/m <sup>2</sup>
4	Sudut geser dalam pada kondisi optimum (100%), $\phi$	29.20	19.43	24.31	66.53%	derajat
5	Kohesi pada kondisi 98% lebih basah, c	49.63	204.70	127.17	412.41%	kN/m <sup>2</sup>
6	Sudut geser dalam pada kondisi 98% lebih basah, $\phi$	10.03	29.23	19.63	291.44%	derajat

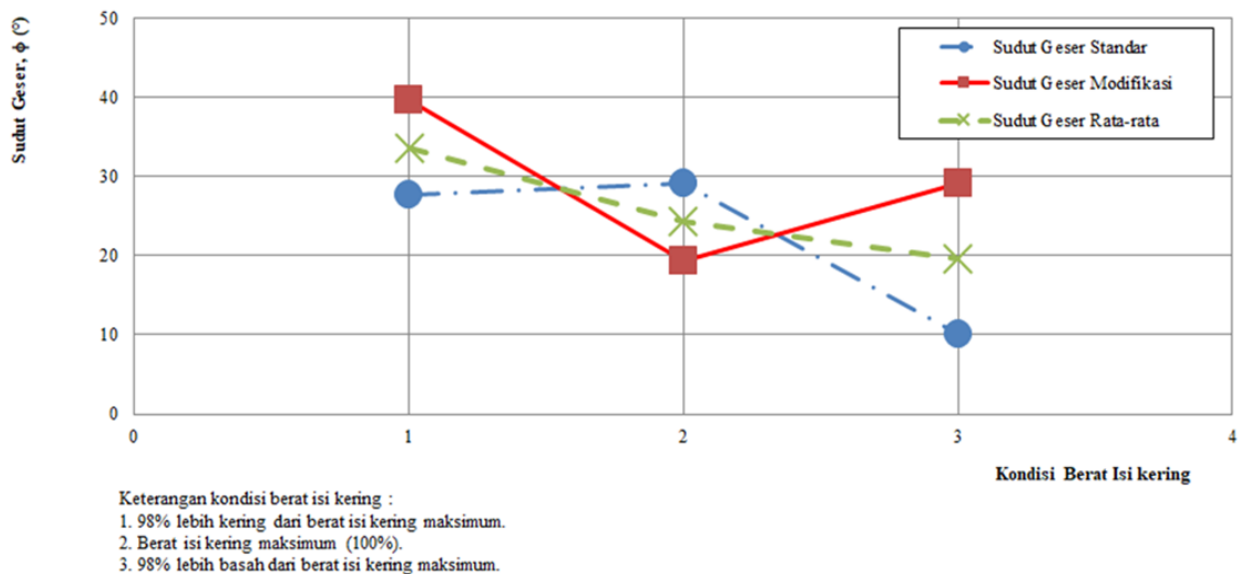
Dari Gambar 5. terlihat nilai kohesi yang diperoleh pada sisi kering berkisar 128 kN/m<sup>2</sup> baik pada tanah yang dipadatkan secara standar dan modifikasi. Untuk nilai kohesi pada berat isi kering maksimum terlihat rentang nilai kohesi yang sangat jauh, dengan perbedaan rentang berkisar 900% antara pemadatan standar dan modifikasi. Tetapi bila diambil rata-rata nilai kohesi pada kondisi berat isi kering maksimum cenderung naik. Nilai kohesi pada sisi basah mempunyai rentang 400% antara pemadatan standar dan modifikasi. Nilai rata-rata kohesi untuk pemadatan standar dan modifikasi hampir sama, berada pada kisaran nilai 130 kN/m<sup>2</sup>.

Dari Gambar 6 terlihat nilai sudut geser dalam pada sisi kering berada pada rentang nilai  $27^{\circ}$  –  $39^{\circ}$  untuk pemadatan secara standar dan modifikasi. Untuk nilai sudut geser dalam pada kondisi berat isi kering maksimum rentang nilai berkisar antara  $19^{\circ}$  –  $29^{\circ}$  untuk pemadatan standar dan modifikasi. Nilai sudut geser dalam pada kondisi sisi basah berkisar  $10^{\circ}$  -  $29^{\circ}$ . Rata-rata nilai sudut geser dalam cenderung akan menurun jika pemadatan berada pada kondisi lebih basah dari kadar air optimum.



Gambar 5. Grafik perbandingan kohesi pada pemadatan standar dan modifikasi pada berbagai kondisi di sekitar berat isi kering maksimum.

Jika dibandingkan dengan nilai-nilai sudut geser dalam yang tercantum dalam Bowles (1997) sudut geser dalam yang diperoleh dalam penelitian ini ketika tanah dipadatkan pada sisi yang lebih kering dari kadar air optimum cenderung akan menghasilkan sudut geser dalam yang lebih tinggi. Sedangkan ketika dipadatkan pada kadar air optimum nilai sudut geser dalam hampir mendekati nilai sudut geser dalam yang tercantum dalam Bowles (1997). Nilai sudut geser dalam pada pemadatan yang lebih besar dari kadar air optimum memperlihatkan perbedaan nilai yang besar antara nilai minimum dan maksimum, tetapi nilai maksimum masih sesuai dengan nilai yang tercantum dalam Bowles.



Gambar 6 Grafik perbandingan sudut geser dalam antara pemadatan standar dan modifikasi pada berbagai kondisi di sekitar berat isi kering maksimum.

## 1. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan:

1. Nilai kohesi ketika dipadatkan pada kadar air optimum terlihat peningkatan sebesar sekitar 900% antara pemadatan standar dan modifikasi.
2. Nilai rata-rata kohesi ketika dipadatkan antara pemadatan dalam kondisi lebih kering dari kadar air optimum sampai lebih basah dari kadar air optimum relatif hampir sama.
3. Nilai sudut geser dalam jika dipadatkan lebih basah dari kadar air optimum cenderung akan menurun dibandingkan jika dipadatkan dalam kondisi lebih kering dari kadar air optimum.

Saran:

1. Untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat perlu dilakukan pengujian sampel lebih banyak.
2. Pengujian untuk memperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada kondisi jangka panjang perlu dilakukan pengujian tiaksial dengan metode CU.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat terselenggara karena dukungan dana dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Tarumanagara tahun 2017

## REFERENSI

- American Association of State Highway and Transportation Organization (AASHTO), (2011), *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Washington D.C.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) (2009), *Soil and Rock (I)*, Vol. 04.08, Pennsylvania, USA.
- Bowles, J,E, (1997), *Foundation Analysis and Design*, 5<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Companies, International Edition, Singapore.
- Sentosa, G. S., Aniek P., Djunaedi K. (2015), *Uji Desak Bebas terhadap Material Tanah untuk Mengevaluasi Batas-batas Kinerja untuk Struktur Perkerasan Jalan yang Memiliki Ketahanan 50 Tahun*, Universitas Tarumanagara, Jakarta