

ANALISIS MEKANIK CAMPURAN TANAH LEMPUNG BERLANAU (MH-OH) DENGAN PASIR GUNA MENINGKATKAN KEKUATAN GESER TANAH

Aniek Prihatiningsih^{1*}, Hendy Wijaya¹, Christopher¹, Ralf Josh Hilliard Valentino¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia

*aniekp@ft.untar.ac.id

Masuk: 08-10-2024, revisi: 25-10-2024, diterima untuk diterbitkan: 10-02-2025

ABSTRACT

Silty clay (MH-OH) exhibits high plasticity, low bearing capacity, and significant instability, often posing challenges in construction projects. To address these issues, this study investigates the effect of mixing silty clay with sand to improve the soil's shear strength. The research involves compaction tests, triaxial tests, and unconfined compression tests (UCT) to evaluate the impact of sand addition with varying percentages of 8%, 10%, and 12% by the weight of the clay. The compaction test results show that adding sand reduces the optimum water content from 34.8% to 32% and increases the dry density from 1.311 g/cm³ to 1.342 g/cm³. Triaxial tests indicate that increasing the sand content raises the soil's shear angle from 13.97° to 34.27°, while cohesion decreases from 2.57 kg/cm² to 1.94 kg/cm². In the UCT, cohesion also declines with increasing sand content, from 3.37 kg/cm² to 2.64 kg/cm². This study demonstrates that adding sand to silty clay effectively enhances soil shear strength, making it more stable and suitable for safer construction applications.

Keywords: Silty clay; shear strength; compaction; triaxial test; unconfined compression test; soil stabilization

ABSTRAK

Tanah lempung berlumpur (MH-OH) memiliki karakteristik plastisitas tinggi, daya dukung yang rendah, dan ketidakstabilan yang signifikan, sehingga sering menjadi tantangan dalam proyek konstruksi. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan penelitian mengenai pencampuran tanah lempung berlumpur dengan pasir guna meningkatkan kekuatan geser tanah. Penelitian ini menggunakan uji kompaksi, triaksial, dan uji tekan bebas (*Unconfined Compression Test* atau UCT) untuk mengukur pengaruh penambahan pasir dengan variasi persentase 8%, 10%, dan 12% terhadap berat tanah. Hasil uji kompaksi menunjukkan bahwa penambahan pasir menurunkan kadar air optimum dari 34,8% menjadi 32% dan meningkatkan kepadatan kering dari 1,311 g/cm³ menjadi 1,342 g/cm³. Uji triaksial mengindikasikan bahwa peningkatan campuran pasir meningkatkan sudut geser tanah dari 13,97° menjadi 34,27°, sedangkan kohesi menurun dari 2,57 kg/cm² menjadi 1,94 kg/cm². Pada uji tekan bebas, kohesi juga mengalami penurunan seiring bertambahnya pasir, yaitu dari 3,37 kg/cm² menjadi 2,64 kg/cm². Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan pasir pada tanah lempung berlumpur secara efektif dapat meningkatkan kekuatan geser tanah, menjadikannya lebih stabil dan cocok untuk aplikasi konstruksi yang lebih aman.

Kata kunci: Tanah lempung berlumpur; kekuatan geser; kompaksi, triaksial; uji tekan bebas; stabilisasi tanah

PENDAHULUAN

Tanah lempung berlanau (MH-OH) dikenal memiliki karakteristik plastisitas tinggi, kekuatan geser rendah, dan perubahan volume yang signifikan ketika terjadi perubahan kadar air. Karakteristik ini sering menimbulkan permasalahan dalam proyek konstruksi, seperti penurunan daya dukung tanah, ketidakstabilan fondasi, dan potensi longsor pada lereng. Penggunaan tanah lempung berlanau dalam aplikasi konstruksi membutuhkan teknik stabilisasi untuk meningkatkan kekuatan geser dan mengurangi plastisitas, sehingga dapat mendukung beban secara lebih efektif.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik tanah adalah dengan menambahkan material granular, seperti pasir, ke dalam campuran tanah. Penambahan pasir diharapkan dapat mengurangi plastisitas tanah lempung serta meningkatkan sudut geser dalam dan daya dukung tanah. Meski demikian, penambahan pasir harus dilakukan dengan proporsi yang tepat untuk menghindari penurunan kohesi tanah, yang justru dapat menurunkan kekuatan geser total campuran. Seperti pada percobaan Kim et al. (2018), menggabungkan pasir dengan beberapa persentase lempung menghasilkan nilai sudut geser yang variatif. Untuk itu, perlu uji coba untuk mendapatkan proposi yang sesuai.

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penambahan pasir terhadap kekuatan geser tanah lempung berlanau melalui dua jenis pengujian, yaitu uji desak bebas (*unconfined compression test*, UCT) dan uji triaksial. Uji desak bebas dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan tanah di bawah beban aksial tanpa tekanan lateral, yang merepresentasikan kondisi tanah dalam keadaan bebas terkekang. Sementara itu, uji triaksial digunakan untuk mengevaluasi kekuatan tanah di bawah tekanan tiga dimensi, yang lebih mendekati kondisi lapangan. Kedua pengujian ini memberikan wawasan penting tentang perilaku mekanik campuran tanah-pasir di bawah beban yang berbeda.

Dalam penelitian ini, tanah lempung berlanau dicampur dengan variasi proporsi pasir sebesar 0%, 8%, 10%, dan 12%. Variasi ini dipilih untuk menentukan proporsi optimal yang dapat meningkatkan kekuatan geser tanpa mengurangi kohesi tanah secara signifikan. Hasil dari pengujian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada perbaikan desain dan stabilisasi tanah di berbagai proyek infrastruktur, khususnya pada fondasi dangkal, stabilisasi lereng, dan tanah dasar untuk jalan raya.

Penelitian ini sangat penting terutama di daerah dengan kondisi tanah yang kurang stabil, seperti di Indonesia. Banyak proyek konstruksi di perkotaan yang harus memanfaatkan tanah lempung dengan karakteristik yang kurang ideal. Oleh karena itu, teknik stabilisasi yang efektif seperti pencampuran pasir perlu diteliti lebih lanjut agar dapat meningkatkan kestabilan tanah dan daya dukung fondasi tanpa memerlukan penggantian tanah yang signifikan.

Tanah lempung dikenal karena memiliki kohesi tinggi namun sudut geser dalam yang rendah, yang membuatnya cenderung tidak stabil, terutama di bawah perubahan kadar air. Holtz dan Kovacs (1981) menjelaskan bahwa salah satu pendekatan dalam meningkatkan stabilitas tanah lempung adalah dengan mencampurkannya dengan material granular seperti pasir untuk mengurangi plastisitas dan meningkatkan daya dukung.

Bowles (1996) menyatakan bahwa penambahan material granular seperti pasir dapat meningkatkan sudut geser dalam (ϕ) dan menurunkan batas cair tanah, yang dapat meningkatkan stabilitas. Pencampuran ini juga bertujuan untuk mengurangi potensi ekspansi tanah yang dihasilkan oleh perubahan kadar air.

Das (2010) menyatakan uji triaksial umumnya digunakan untuk menentukan parameter kuat geser tanah. Uji triaksial merupakan salah satu metode paling efektif dalam mengukur kekuatan tanah di bawah kondisi tekanan tiga dimensi, seperti yang dihadapi dalam kondisi lapangan. Terzaghi et al. (1967) menekankan pentingnya uji triaksial karena memberikan gambaran yang lebih realistis tentang perilaku tanah di bawah tekanan sebenarnya.

Tanah lempung berlanau (MH-OH) umumnya memiliki sifat plastisitas tinggi, perubahan volume yang besar akibat perubahan kadar air, serta kekuatan geser yang rendah, sehingga sering menimbulkan masalah dalam aplikasi konstruksi, terutama dalam proyek-proyek fondasi dan stabilisasi lereng. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan mencampurkan material granular seperti pasir. Namun, proporsi pencampuran yang optimal belum diketahui secara pasti, karena penambahan pasir yang berlebihan dapat mengurangi kohesi tanah, yang justru menurunkan kekuatan total tanah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian ini untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Sejauh mana pencampuran pasir dengan tanah lempung berlanau (MH-OH) dapat meningkatkan kekuatan geser tanah?
2. Berapa proporsi optimal pasir yang dapat meningkatkan kekuatan geser tanpa mengurangi kohesi tanah secara signifikan?
3. Bagaimana pengaruh penambahan pasir terhadap plastisitas tanah lempung berlanau?
4. Apakah hasil uji triaksial dan uji geser langsung memberikan hasil yang konsisten dalam mengevaluasi kekuatan campuran tanah-pasir?

METODE PENELITIAN

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah lempung berlanau (MH-OH) yang diambil dari lokasi Rangkas Bitung dengan permasalahan stabilitas. Pasir yang digunakan adalah pasir alami yang telah melalui analisis penyaringan untuk memastikan distribusi ukuran butirnya homogen.

Campuran tanah dan pasir disiapkan dalam empat variasi proporsi pasir, yaitu 0%, 8%, 10%, dan 12%. Campuran diproses secara homogen untuk memastikan distribusi pasir yang merata di dalam tanah. Setiap campuran kemudian diuji menggunakan direct shear test dan triaxial test untuk mendapatkan parameter kekuatan geser.

Uji laboratorium

1. Uji kompaksi modified: Uji kompaksi modified untuk mendapatkan Kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum.

2. Uji desak bebas/*unconfined compression test* (UCT): Uji desak bebas dilakukan untuk mengukur kuat tekan bebas (q_u) dan kohesi dan kohesi (c) dari setiap variasi campuran tanah-pasir.
3. *Triaxial compression test*: Uji triaksial dilakukan dalam kondisi drained untuk mengevaluasi kekuatan tanah di bawah tekanan tiga dimensi. Tegangan deviator puncak dicatat untuk setiap variasi campuran.
4. Uji Atterberg: Batas cair (LL) dan batas plastis (PL) diukur untuk setiap variasi campuran guna mengevaluasi perubahan plastisitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji indeks properties tanah penelitian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji index properties tanah penelitian

Uji Laboratorium	Tanah Asli	Tanah Asli + 8% Pasir	Tanah Asli + 10% Pasir	Tanah Asli + 12% Pasir
SPECIFIC GRAVITY (G_s)	2,67	2,68	2,68	2,69
ATTERBERG (batas plastis)				
Batas Cair (WL)	91,98	75,99	69,54	66,36
Batas Plastis (WP)	65,74	52,02	48,01	50,70
Indeks Plastisitas (IP)	26,24	23,98	21,53	15,67
Klasifikasi Tanah	OH & MH	OH & MH	OH & MH	OH & MH
GRAIN SIZE				
Gravel	0,42%	0,13%	0,15%	0,17%
Pasir	7,41%	15,49%	18,01%	20,43%
Lanau	82,97%	80,18%	74,62%	75,64%
Lempung	9,41%	4,33%	7,37%	3,92%
MODIFIED COMPACTION				
Kadar air optimum (w_{opt}) (%)	34,80	33,50	33,10	32,00
Kepadatan kering maksimum (γ_{dmaks}) (kg/cm^3)	1,311	1,317	1,320	1,342

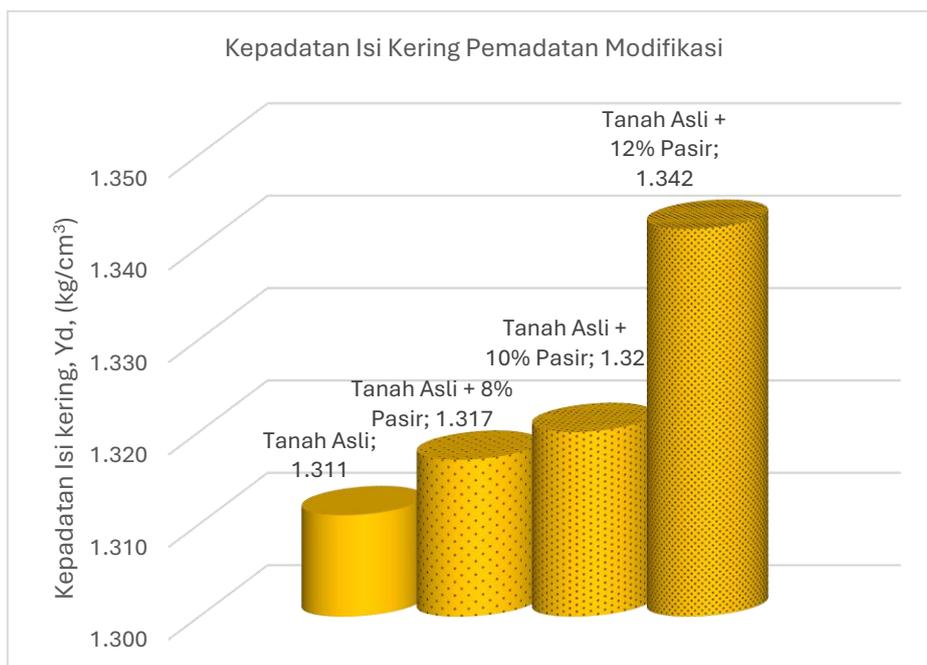
Uji kompaksi *modified*

Dari hasil uji kompaksi *modified* didapat hasil kepadatan maksimum tertinggi terjadi pada campuran pasir 12% sebesar $1,342 kg/cm^3$, seperti terlihat pada Gambar 1. Kepadatan akan meningkat dengan penambahan pasir. Sedangkan kadar air optimum akan menurun seiring dengan penambahan pasir. Pada pasir campuran 12% kadar air optimum sebesar 32,00%.

Hasil penelitian dijelaskan secara lengkap sesuai dengan metode yang digunakan. Pembahasan mendalam dilakukan berdasarkan data hasil survei, pengujian, atau metode pengambilan data lainnya. Pembahasan harus mengaitkan konten dengan teori yang telah dikemukakan sebelumnya. Dalam hal data hasil yang ditampilkan banyak, Hasil dan pembahasan/analisis dapat dicantumkan pada bagian yang berbeda.

Uji kuat tekan bebas

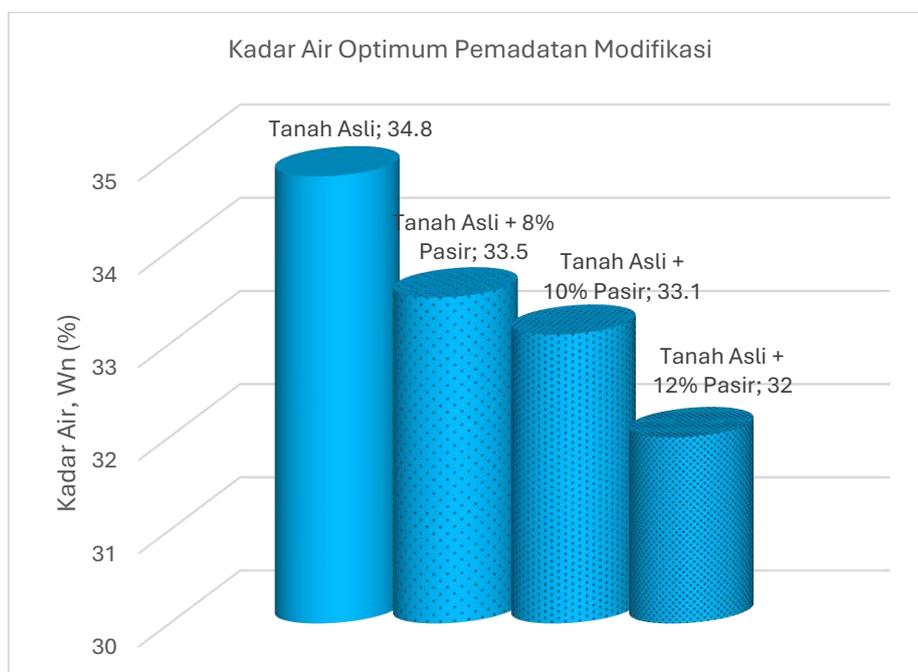
Hasil uji kuat tekan bebas mendapatkan kuat tekan bebas sebesar (q_u) dan kohesi, penurunan kuat tekan terjadi dengan penambahan pasir. Tanah asli tanpa pencampuran (0% pasir) memiliki kuat tekan bebas sebesar (q_u) sebesar $6,732 kg/cm^2$ dan kohesi $3,366 kg/cm^2$. Penambahan 8% pasir menurunkan kuat tekan bebas menjadi (q_u) $5,716 kg/cm^2$ dan kohesi $2,858 kg/cm^2$. Penurunan terus berlanjut hingga pencampuran 12% pasir, seperti terlihat pada Tabel 2. Gambar 2 menunjukkan peningkatan dan penurunan hasil uji kuat tekan bebas campuran pasir.



Gambar 1. Perbandingan peningkatan kepadatan kering hasil dari uji pemadatan *modified*

Tabel 2. Hasil uji kuat tekan bebas tanah penelitian

Proporsi Pasir	Kuat tekan bebas (qu), kg/cm ²	Kohesi C, kg/cm ²
0% (tanah asli)	6,732	3,366
8%	5,716	2,858
10%	5,578	2,789
12%	5,276	2,638



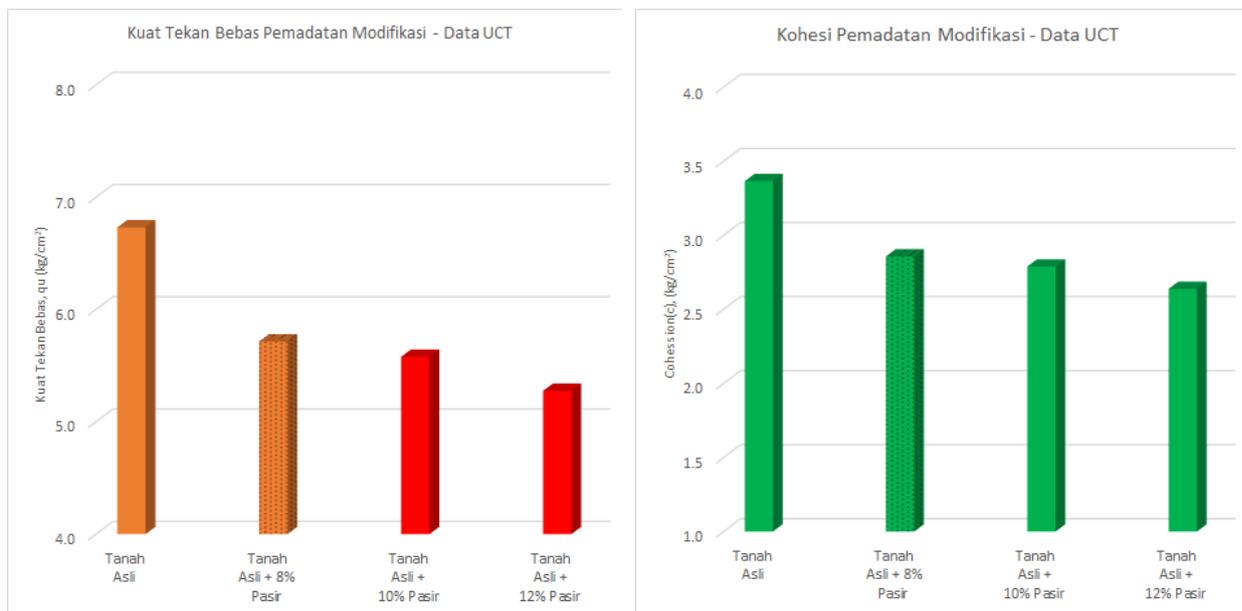
Gambar 2. Perbandingan penurunan kadar air hasil dari hasil uji pemadatan *modified*

Uji triaksial

Hasil uji triaksial menunjukkan tren yang sama dengan uji desak bebas. Pada tanah asli tanpa campuran pasir, mendapatkan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar $13,969^\circ$ dan kohesi (C) sebesar $2,569 \text{ kg/cm}^2$. Pada pencampuran 8% pasir, terjadi peningkatan sudut geser dalam (ϕ) sebesar $21,587^\circ$ dan kohesi (C) sebesar $2,853 \text{ kg/cm}^2$. Sudut geser dalam (ϕ) tertinggi dicapai pada campuran 10% pasir, dengan sudut geser dalam (ϕ) sebesar $36,501^\circ$ dan kohesi (C) sebesar $2,733 \text{ kg/cm}^2$. Namun, pada campuran 12%, sudut geser dalam (ϕ) mengalami penurunan menjadi $34,268^\circ$ dan kohesi (C) sebesar $1,939 \text{ kg/cm}^2$. Menunjukkan penambahan pasir yang berlebihan mulai mengurangi kekuatan tanah. Hal yang serupa juga terjadi pada percobaan yang dilakukan oleh Miftah et al. (2020), namun dengan material uji yang sedikit berbeda, yakni campuran lempung-pasir diberi tambahan tanah butir halus dengan nilai sudut geser tertinggi pada campuran 10%, kemudian turun seriring bertambahnya tanah butir halus. Seperti terlihat pada Tabel 3. Gambar 3-4 menunjukkan peningkatan dan penurunan hasil uji kuat tekan bebas campuran pasir.

Tabel 3. Hasil uji triaksial tanah penelitian

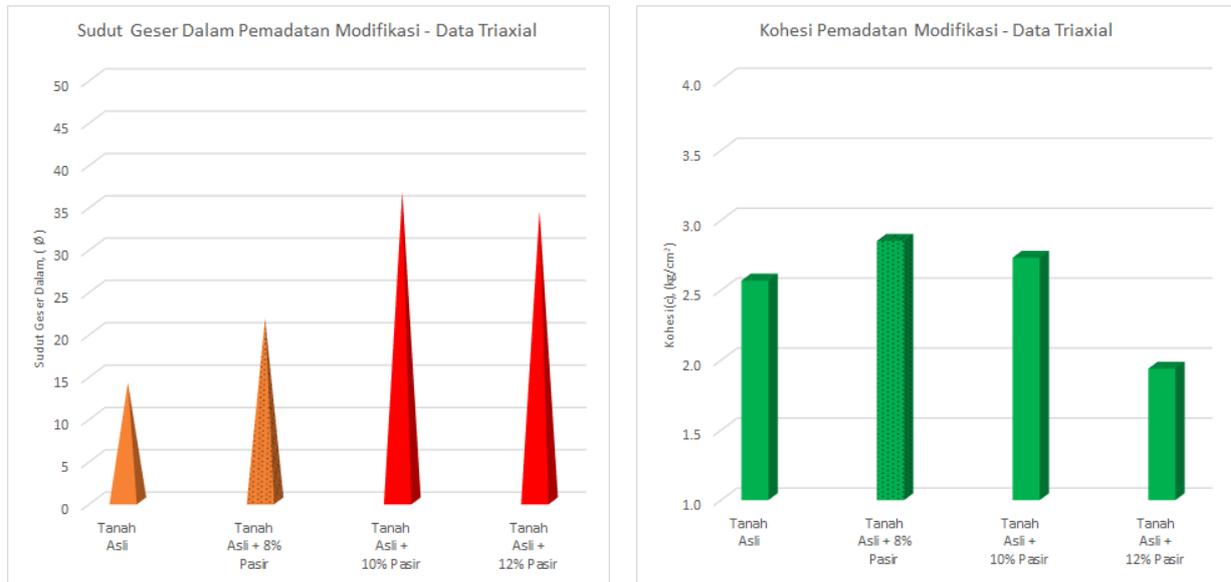
Proporsi Pasir	Sudut Geser Dalam (ϕ) (derajat)	Kohesi (c), kg/cm^2
0% (tanah asli)	13,969	2,569
8%	21,587	2,853
10%	36,501	2,733
12%	34,268	1,939



Gambar 3. Peningkatan dan penurunan nilai q_u dan kohesi dari hasil uji kuat tekan bebas pada berbagai penambahan pasir

Pengaruh terhadap plastisitas

Uji Atterberg menunjukkan penurunan plastisitas dengan penambahan pasir. Hal yang serupa terjadi pada penelitian yang sebelumnya telah dilakukan Al Rawi et al. (2018), menambahkan pasir ke tanah yang kohesif membuat batas cair dan batas plastis menurun. Batas cair (LL) pada tanah asli adalah 91,98%, yang berkurang menjadi 69,54% pada campuran 10% pasir. Demikian pula, batas plastis (PL) turun dari 48,01% pada tanah asli menjadi 65,74% pada campuran dengan 10% pasir. Penurunan plastisitas ini menunjukkan bahwa campuran pasir membuat tanah lebih stabil dan lebih tahan terhadap perubahan kadar air (Tabel 4).

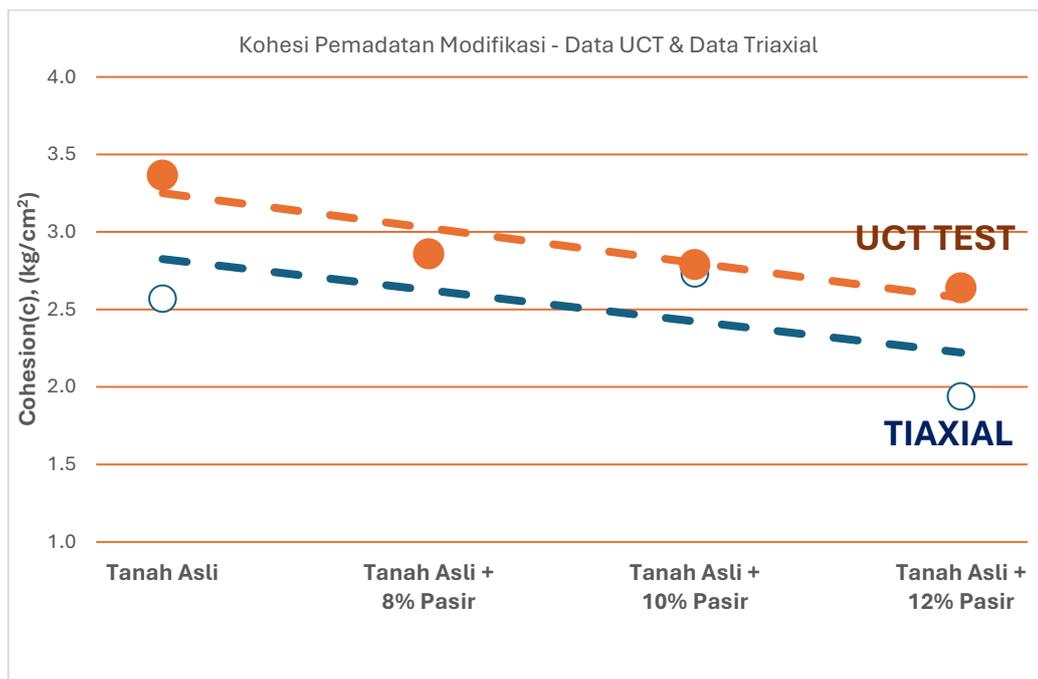


Gambar 4. Peningkatan dan Penurunan Nilai Sudut Geser Dalam dan Kohesi dari Hasil Triaksial Pada Berbagai Penambahan Pasir

Tabel 4. Hasil uji atterberg limit tanah penelitian

Proporsi Pasir	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)
0% (tanah asli)	91,98	65,74%
8%	75,99	52,02%
10%	69,54	48,01%
12%	66,36	50,70%

Seperti pada pengujian yang dilakukan oleh Al Badran dan Al Ameri (2020), penambahan pasir membuat nilai kohesi menurun. Dari hasil penelitian ini juga terjadi penurunan nilai kohesi berdasarkan hasil uji UCT dan Triaksial, dari spesimen tanah asli sampai spesimen tanah asli dengan komposisi penambahan 12% pasir, yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan penurunan kohesi untuk uji UCT maupun triaksial

KESIMPULAN

1. Pada pengujian pemadatan modifikasi, dengan semakin banyak menambah pasir maka, akan mengurangi persentase kadar air optimum dan meningkatkan kepadatan isi kering pada tanah yang dipadatkan.
2. Pada pengujian uji desak bebas maupun triaxial, semakin banyak menambah pasir akan semakin mengurangi nilai kohesi (c) pada tanah yang dipadatkan.
3. Pada pengujian triaxial, dengan semakin banyak menambah pasir, maka akan semakin meningkatkan sudut geser dalam (ϕ) tanah yang dipadatkan.
4. Nilai plastisitas akan menurun seiring bertambahnya pasir, terutama pada pasir dengan penambahan 10%. Namun perlu ditinjau kembali untuk batas bawah optimum, dikarenakan terjadi kenaikan kembali pada penambahan 12%.
5. Dari hasil penelitian terlihat bahwa penambahan pasir akan optimum pada 10%. Hasil uji pada penambahan pasir 10% didapat sudut geser dalam sebesar $36,501^\circ$, Kepadatan maksimum kering sebesar $2,733 \text{ kg/cm}^3$, dan nilai plastisitas sebesar $48,01\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Badran, Y. M., & Al Ameri, A. F. (2020). Effect of adding sand on clayey soil shear strength. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 870(1), 012079. DOI 10.1088/1757-899X/870/1/012079
- Al Rawi, O. S., Assaf, M. N., & Hussein, N. M. (2018). Effect of sand additives on the engineering properties of fine grained soils. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(9), 3197-3206.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation analysis and design*. McGraw-Hill.
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah 1*. Gadjah Mada University Press.
- Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). *An introduction to geotechnical engineering*. Prentice Hall.
- Kim, D., Nam, B. H., & Youn, H. (2018). Effect of clay content on the shear strength of clay-sand mixture. *International Journal of Geo-Engineering*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40703-018-0087-x>
- Miftah, A., Garoushi, A. H., & Bilsel, H. (2020). Effects of fine content on undrained shear response of sand-clay mixture. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 6, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s40891-020-0193-7>
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1967). *Soil mechanics in engineering practice*. John Wiley & Sons.

