



Analisa kohesi semu pada tanah retak dengan alat uji geser yang dimodifikasi

Slamet R.B. Prasetyo¹, Imam Junaidi², Bagus R. Subchan³, Setyo Ferdi Yanuar⁴

^{1,2,3,4}Universitas Jember

email: slametrohadi.teknik@unej.ac.id, imamjunaidi.teknik@unej.ac.id, 199612032025061005@mail.unej.ac.id, 199201132025061005@mail.unej.ac.id

Info Artikel :

Diterima :

13 Juni 2025

Disetujui :

10 Juli 2025

Dipublikasikan :

25 Juli 2025

ABSTRAK

Kohesi merupakan parameter penting dalam mengevaluasi kekuatan geser tanah, namun pada tanah retak, kohesi yang terbentuk bersifat semu dan tidak permanen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kohesi semu pada tanah retak menggunakan alat uji geser langsung yang dimodifikasi, dengan mempertimbangkan variasi plastisitas tanah dan kekasaran bidang geser. Pengujian dilakukan pada sampel tanah lempung dengan konsistensi very stiff dan hard, yang merepresentasikan kondisi lereng rawan retak. Alat uji geser dimodifikasi dengan sistem tekan air 0,5 kg/cm² dan sensor tekanan mikro untuk mensimulasikan kondisi lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kohesi semu menurun signifikan seiring meningkatnya plastisitas dan kekasaran bidang geser, dengan nilai mendekati nol pada displacement maksimum, terutama pada bidang geser kasar. Penurunan ini disebabkan oleh kehancuran struktur semu antar partikel akibat proses geser. Temuan ini mengindikasikan bahwa kohesi semu bukan kekuatan intrinsik tanah, melainkan efek sementara dari struktur tanah yang terganggu akibat retakan. Pemahaman ini krusial untuk desain geoteknik dan evaluasi stabilitas lereng di wilayah rawan longsor.

Kata kunci: Kohesi Semu, Tanah Retak, Parameter Geser, Longsor

ABSTRACT

Cohesion is a critical parameter in assessing soil shear strength, but in cracked soil, the resulting cohesion is apparent and non-permanent. This study aims to analyze apparent cohesion in cracked soil using a modified direct shear test apparatus, considering variations in soil plasticity and shear plane roughness. Tests were conducted on clay soil samples with very stiff and hard consistencies, representing conditions of landslide-prone slopes. The modified shear test apparatus, equipped with a 0.5 kg/cm² water pressure system and micro-pressure sensors, simulated field conditions. Results indicate that apparent cohesion significantly decreases with increasing plasticity and shear plane roughness, approaching zero at maximum displacement, particularly on rough shear planes. This decline is attributed to the destruction of the pseudo-structure between particles during shearing. These findings suggest that apparent cohesion is not an intrinsic soil strength but a temporary effect of disturbed soil structure due to cracking. This understanding is vital for geotechnical design and slope stability evaluation in landslide-prone areas.

Keywords : Apparent Cohesion, Cracked Ground, Shear Parameters, Landslide



©2025 Slamet R.B. Prasetyo, Imam Junaidi, Bagus R. Subchan, Setyo Ferdi Yanuar. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Kohesi merupakan parameter kunci dalam analisis kekuatan geser tanah, yang sangat relevan dalam desain geoteknik, khususnya untuk stabilitas lereng dan pencegahan longsor di daerah dengan tanah retak (*cracked soil*) (Das, 2022; Terzaghi et al., 1996). Kohesi didefinisikan sebagai gaya tarik-menarik antar partikel tanah yang memungkinkan butiran tanah tetap terikat tanpa tegangan normal eksternal (Craig, 2004). Pada tanah yang tidak terganggu, kohesi sejati (*true cohesion*) berkontribusi signifikan terhadap kekuatan struktur tanah. Namun, pada tanah retak, struktur alami tanah mengalami kerusakan, menyebabkan hilangnya kohesi sejati dan munculnya kohesi semu (*apparent cohesion*), yang bersifat sementara akibat interlocking atau sisa struktur antar partikel (Alexsander et al., 2018; H. I. B. Mochtar & Mochtar, 2018).

Tanah retak, terutama tanah lempung dengan sifat kembang susut, sering ditemukan di daerah rawan longsor, seperti di wilayah tropis dengan siklus basah-kering yang ekstrem (Rahardjo & Fredlund, 1993; Wesley, 2010). Retakan mengubah perilaku mekanis tanah, mengurangi kekuatan geser dan meningkatkan risiko kelongsoran (I. B. Mochtar & Hutagamissufardal, 2016; Prasetyo & Mochtar,

2022). Kohesi semu yang timbul dari efek struktural sementara, cenderung hilang pada *displacement* maksimum selama proses geser, terutama pada bidang geser dengan kekasaran tinggi karena proses geser akan menghancurkan struktur semu antar partikel (Hamza et al., 2022; Rini & Ardan, 2018).

Pemahaman mengenai mekanisme kehancuran kohesi, khususnya kohesi semu, pada tanah retak menjadi sangat penting dalam konteks rekayasa geoteknik. Pada banyak kasus longsor, kelongsoran dipicu oleh perubahan mendadak pada kekuatan geser tanah yang berkaitan erat dengan hilangnya kohesi semu. Parameter ini sangat berperan dalam menilai stabilitas lereng maupun desain bangunan bawah tanah di kawasan rawan longsor, karena persepsi kekuatan tanah yang didasarkan pada nilai kohesi terkadang dapat menyesatkan jika tidak memperhitungkan pengaruh retakan dan struktur tanah yang telah terganggu.

Beberapa penelitian terdahulu telah banyak mengeksplorasi kuat geser tanah kohesif menggunakan uji geser langsung (*Direct Shear Test*) tanpa modifikasi. Nisa' et al., (2022) melakukan pengujian kuat geser tanah lempung berpasir di Universitas Kadiiri. Hasil penelitian menunjukkan adanya kerentanan terhadap kelongsoran yang ditandai dengan kohesi rendah (0,224 kPa) pada tanah lempung berpasir, tetapi penelitian ini tidak memfokuskan analisis pada retakan dan tidak ada modifikasi pada alat uji geser. Widiawara et al., (2022) mencoba menggabungkan alat uji *Direct Shear Test* dan *Vane Shear Test* untuk mengukur kuat geser tanah lempung di daerah lereng, tetapi tidak mempertimbangkan retakan secara eksplisit.

Stabilitas dan plastisitas tanah berpengaruh signifikan terhadap kohesi, di mana tanah yang stabil dan plastis cenderung memiliki kohesi lebih tinggi, meskipun nilai yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan geser. Penelitian Rini & Ardan (2018) menunjukkan bahwa penambahan arang kayu meningkatkan kohesi tanah lempung sebesar 15-20%. Penelitian ini relevan untuk memahami kohesi pada tanah kohesif, tetapi tidak menganalisis tanah retak secara spesifik. Sementara itu, pada penelitian Saputra et al., (2024) menunjukkan bahwa penambahan serabut kelapa dapat meningkatkan kohesi tanah lempung. Sedangkan Verdiyanti et al., (2022) membahas kohesi pada tanah lempung dengan sifat plastisitas tinggi yang dicampur pasir menggunakan *Direct Shear Test*, yang sering dikaitkan dengan kerentanan retak. Namun, penelitian-penelitian ini tidak menganalisis tanah retak secara spesifik dan menggunakan alat uji geser standar tanpa modifikasi.

Hutagmissufardal et al., (2018) melakukan penelitian mengukur kohesi dan sudut geser internal pada tanah retak (*cracked soil*) dengan memodifikasi alat uji geser. Penelitian ini menggunakan tanah lempung dari Surabaya, Bojonegoro, pasir halus, dan kaolinit, yang dicampur untuk mendapatkan variasi *liquid limit* dan *plasticity index*. Namun, penelitian ini tidak mempertimbangkan pengaruh *liquid limit* dan *void ratio* secara spesifik terhadap kohesi semu pada tanah retak dan rincian teknis modifikasi alat tidak dijelaskan secara mendalam, sehingga membatasi kemampuan untuk mendapatkan informasi yang akurat tentang kohesi semu pada tanah retak.

Berdasarkan tinjauan penelitian terdahulu, ditemukan masih minimnya analisis spesifik pada tanah retak. Penelitian oleh Rini Rini (2017), Nisa' et al., (2022), dan Verdiyanti et al., (2022) berfokus pada tanah kohesif secara umum tanpa analisis mendalam terhadap pengaruh retakan pada kohesi semu. Adapun penelitian oleh Hutagmissufardal et al., (2018) yang membahas tanah retak, tetapi tidak menganalisis variasi pola retakan (misalnya, lebar, kedalaman, atau densitas) secara spesifik terhadap kohesi semu, sehingga pemahaman tentang dinamika retakan masih terbatas. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan alat uji geser standar yang masih konvensional sehingga belum mampu menangkap dinamika retakan seperti dalam penelitian Rini & Ardan (2018), Nisa' et al., (2022), dan Saputra et al., (2024). Untuk mengeksplorasi kohesi semu pada tanah retak, perlu adanya pendekatan menggunakan alat uji geser yang dimodifikasi untuk menangkap dinamika retakan tanah di daerah rawan longsor, yang menjadi kebaruan penelitian. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kohesi semu pada tanah retak dengan alat uji geser yang dimodifikasi dengan mempertimbangkan variasi plastisitas dan stabilitas (kekasaran bidang geser) tanah. Tujuan dari penelitian adalah untuk merepresentasikan kondisi bidang geser akibat retakan alami pada tanah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis untuk tantangan geoteknik dan mendukung desain geoteknik yang lebih tepat di daerah rawan longsor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis parameter geser tanah pada kondisi retak menggunakan alat uji geser yang telah dimodifikasi. Metode penelitian dirancang untuk mengevaluasi

parameter geser tanah, dengan fokus pada pengaruh plastisitas dan kekasaran bidang geser terhadap kohesi semu. Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur untuk mengidentifikasi teori tanah retak (*cracked soil*), parameter geser tanah, dan perkembangan alat uji geser Terzaghi et al., (1996); Craig (2004); Holtz et al., (2011) termasuk pengaruh plastisitas Verdiyanti et al., (2022); Hamza et al., (2022) serta kekasaran bidang geser Barton & Choubey, (1977); Gedela et al., (2023) terhadap kekuatan tanah.

Setelah itu dilakukan pengambilan dan persiapan sampel tanah dari beberapa lokasi untuk memperoleh variasi jenis tanah dan tingkat plastisitas yang berbeda. Sampel tanah diuji dalam kondisi *very stiff* (konsistensi 100-200 kPa) dan *hard* (konsistensi > 200 kPa) untuk merepresentasikan kondisi alami lereng yang rentan mengalami retak (Wesley, 2010). Parameter fisik tanah, seperti berat isi, kadar air, dan batas Atterberg (*liquid limit* dan *plasticity index*), diukur sesuai standar ASTM D4318 (ASTM, 2010)

Proses selanjutnya adalah pembuatan benda uji di laboratorium dengan memperhatikan parameter-parameter fisik tanah (berat isi, kelembaban, dan batas Atterberg) dan konsistensi tanah. Konsistensi sampel diperoleh melalui pengujian konsistensi yang sesuai dan bidang geser dimodifikasi dengan teknik tertentu. Untuk konsistensi *very stiff*, kekasaran bidang geser diciptakan dengan menanamkan pasir untuk menghasilkan permukaan halus, medium, dan kasar. Untuk konsistensi *hard*, kekasaran dibuat dengan teknik pengguratan untuk mensimulasikan bidang retak alami Hutagmissufardal et al., (2018); Prasetyo & Mochtar, (2022).

Pengujian dilakukan menggunakan alat *modified direct shear* yang dilengkapi sistem tekan air sebesar 0,5 kg/cm² untuk mensimulasikan kondisi tanah jenuh di lapangan (I. B. Mochtar & Hutagmissufardal, 2016). Alat ini dimodifikasi dengan penambahan sensor tekanan mikro untuk mengukur distribusi tegangan lokal dan sistem pengukur deformasi berbasis kamera untuk merekam pergerakan bidang retak. Gaya geser maksimum dan sudut geser dalam diukur untuk setiap kombinasi konsistensi tanah dan kekasaran bidang geser. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif untuk mengevaluasi pengaruh plastisitas dan kekasaran terhadap kohesi semu dan sudut geser dalam, serta dilakukan korelasi empiris antar parameter pengujian yang dibuat menggunakan analisis statistik (Montgomery & Runger, 2024). Setelah itu, dilakukan dokumentasi dan evaluasi fenomena kehancuran struktur tanah dan hilangnya kohesi semu selama proses pergeseran berlangsung. Seluruh rangkaian metode ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang perilaku tanah retak secara spesifik sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam evaluasi stabilitas lereng dan desain geoteknik pada wilayah rentan longsor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis kohesi semu pada tanah retak dengan menggunakan alat uji geser langsung yang dimodifikasi, dengan mempertimbangkan variasi plastisitas tanah dan kekasaran bidang geser. Pengujian dilakukan pada sampel tanah dengan konsistensi *very stiff* dan *hard*, yang dipilih karena sifatnya merepresentasikan kondisi tanah alami pada lereng yang rentan retak dan berpotensi mengalami keruntuhan. Untuk menganalisis pengaruh kekasaran bidang geser, permukaan bidang geser dibuat dengan tiga tingkat kekasaran: halus, medium, dan kasar. Teknik pembuatan kekasaran dilakukan secara spesifik sesuai karakteristik konsistensi tanah, misalnya penanaman butiran pasir pada sampel tanah dengan konsistensi *very stiff* untuk menciptakan permukaan halus hingga medium, serta teknik pengguratan pada tanah dengan konsistensi *hard* untuk menghasilkan kekasaran kasar. Alat uji geser yang dimodifikasi dilengkapi dengan sistem tekan air sebesar 0,5 kg/cm² guna mensimulasikan kondisi tanah jenuh di lapangan, sehingga hasil pengujian lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kohesi semu sangat dipengaruhi oleh kekasaran bidang geser dan plastisitas tanah. Semakin kasar permukaan geser, semakin rendah kohesi semu yang terbentuk. Pola ini terlihat konsisten pada kedua konsistensi tanah, baik *very stiff* maupun *hard*. Penurunan kohesi semu ini mengindikasikan bahwa peran struktur semu antarpartikel, yang biasanya berkontribusi terhadap kekuatan geser, melemah secara signifikan ketika bidang geser menjadi semakin kasar. Tabel 1 berikut merangkum nilai kohesi semu yang diperoleh dari pengujian.

Tabel 1. Hasil uji parameter kohesi semu

Konsistensi	Kekasaran		
	Halus	Medium	Kasar
<i>Very Stiff</i>	25 kPa	5 kPa	0,57 kPa
<i>Hard</i>	51,2 kPa	29 kPa	0 kPa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kohesi semu menurun signifikan seiring meningkatnya kekasaran bidang geser. Pada konsistensi *very stiff*, kohesi semu menurun drastis dari 25 kPa pada kekasaran halus menjadi 0,57 kPa pada kekasaran kasar. Pada konsistensi *hard*, kohesi semu juga menurun signifikan dari 51,2 kPa pada kekasaran halus menjadi 0 kPa pada kekasaran kasar. Penurunan sudut geser dalam hingga 71% diamati pada kekasaran medium dan kasar. Hal ini menandakan hilangnya kohesi semu akibat kehancuran struktur semu antar partikel. Sementara, pada tanah dengan konsistensi *hard*, kekasaran bidang geser dibuat dengan teknik pengguratan untuk menciptakan permukaan kasar dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran bidang geser menyebabkan penurunan kohesi semu, terutama karena terbentuknya rongga pada bidang geser kasar yang melemahkan kontak antar partikel. Kohesi semu cenderung bertahan hanya pada perpindahan awal dan hampir sepenuhnya hilang pada displacement maksimum, khususnya pada bidang geser kasar.



Gambar 1. Variasi Kekasaran Benda Uji pada alat *Modified Direct Shear*

Hasil penelitian menegaskan bahwa kohesi semu pada tanah retak bersifat sementara dan bergantung pada sisa struktur serta *interlocking* antar partikel pasca retakan (Alexsander et al., 2018; H. I. B. Mochtar & Moctar, 2018). Pada bidang geser halus, kohesi semu lebih terjaga pada tahap awal karena stabilitas struktur antar partikel (Barton & Choubey, 1977). Namun, pada kekasaran medium dan kasar, proses geser menghancurkan kontak antar butiran, menyebabkan kohesi semu cepat hilang, terutama pada tanah dengan plastisitas tinggi (Hamza et al., 2022; Verdiyanti et al., 2022). Penurunan kohesi semu hingga 0 kPa pada kekasaran kasar menunjukkan bahwa kohesi semu bukan kekuatan intrinsik tanah, melainkan efek sementara dari struktur tanah yang terganggu (Craig, 2004; Das, 2022).

Plastisitas tanah memengaruhi kohesi semu secara signifikan. Tanah lempung dengan indeks plastisitas tinggi lebih rentan terhadap deformasi plastis, yang mempercepat kehancuran struktur semu selama geser (Fredlund & Rahardjo, 1993; Verdiyanti et al., 2022). Hal ini konsisten dengan temuan Hamza et al. (2022), yang melaporkan korelasi kuat ($R^2 = 0,85$) antara plastisitas dan kohesi bidang kontak. Kekasaran bidang geser, yang disimulasikan dengan penanaman pasir atau pengguratan, meningkatkan rongga pada bidang geser, melemahkan kontak antar partikel, sebagaimana diamati dalam penelitian (Gedela et al., 2023).

Alat uji geser yang dimodifikasi, yang dilengkapi dengan sistem tekan air dan sensor tekanan mikro, memberikan kemampuan pengukuran yang lebih presisi dibandingkan dengan alat uji geser standar. Alat standar umumnya memiliki keterbatasan dalam menangkap dinamika retakan mikro maupun perubahan tekanan pori yang cepat terjadi selama proses geser. (H. I. B. Mochtar & Moctar, 2018; Prasetyo & Mochtar, 2022). Modifikasi ini mengatasi sejumlah keterbatasan metodologis yang sebelumnya telah diidentifikasi dalam penelitian-penelitian terdahulu seperti penelitian Nisa' et al.

(2022) dan Rini & Ardan (2018). Integrasi dengan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga memvalidasi distribusi tegangan dan deformasi, mendukung temuan eksperimental (Brinkgreve & Broere, 2015; Duncan, 1996).

Hasil dari pengujian dan permodelan ini memiliki implikasi yang penting untuk desain geoteknik, khususnya di daerah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap kejadian longsor. Salah satu temuan penting adalah bahwa nilai kohesi semu (*apparent cohesion*), yang kerap muncul sebagai hasil uji geser laboratorium, bersifat tidak permanen dan sangat dipengaruhi oleh kondisi awal sampel tanah, seperti kadar air dan derajat kejenuhan. Oleh karena itu, parameter ini tidak dapat dijadikan sebagai satu-satunya dasar dalam analisis stabilitas lereng (Holtz et al., 2011; Wesley, 2010). Sebaliknya, pendekatan desain yang lebih andal harus mengutamakan parameter sudut geser dalam tanah (*internal friction angle*) serta mempertimbangkan faktor-faktor lain yang turut memengaruhi kestabilan, seperti kekasaran bidang geser, plastisitas tanah, distribusi ukuran butiran, dan kondisi drainase (Bowles, 1992; Lambe & Whitman, 1969).

KESIMPULAN

Hasil penelitian mengenai analisa parameter geser tanah dengan pendekatan *cracked soil* menggunakan alat uji geser yang dimodifikasi dapat disimpulkan bahwa pada kondisi tanah yang mengalami retakan, kohesi sejati atau kohesi intrinsik tanah cenderung hilang. Kohesi yang ada hanyalah kohesi semu yaitu efek sementara yang muncul akibat sisa struktur dan interlocking antar partikel tanah pasca retakan. Kohesi semu ini tidak bersifat permanen serta dapat dengan mudah hilang selama berlangsungnya proses geser. Kekasaran bidang geser turut memengaruhi nilai kohesi semu. Permukaan bidang geser yang semakin kasar mempercepat hilangnya kohesi semu karena kontak antar partikel menjadi tidak stabil dan mudah terganggu pada pergeseran awal. Pada displacement maksimum, kohesi semu cenderung hilang sepenuhnya terutama pada tanah dengan bidang geser kasar. Terdapat bukti yang kuat bahwa kohesi semu yang teramati pada tanah retak bukan merupakan bagian dari kekuatan intrinsik tanah, melainkan efek sesaat akibat perubahan struktur internal tanah. Oleh karena itu, sangat tidak dianjurkan menggunakan nilai kohesi semu sebagai dasar utama dalam perancangan atau desain geoteknik pada wilayah rawan longsor. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan standar pengujian baru untuk tanah retak dan integrasi simulasi numerik untuk meningkatkan akurasi desain geoteknik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexsander, S., Mochtar, I. B., & Utama, W. (2018). Field validated prediction of latent slope failure based on cracked soil approach. *Lowland Technology*
- ASTM, D. (2010). Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. *D4318-10*.
- Barton, N., & Choubey, V. (1977). The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics*. <https://doi.org/10.1007/BF01261801>
- Bowles, J. E. (1992). *Engineering properties of soils and their measurement*. cabidigitallibrary.org. <https://doi.org/10.5555/19931977084>
- Brinkgreve, R. B. J., & Broere, W. (2015). PLAXIS 2D reference manual 2015. *Delft, Netherlands* 2010.
- Craig, R. F. (2004). *Craig's soil mechanics*. taylorfrancis.com. <https://doi.org/10.4324/9780203494103>
- Das, B. M. (2022). Principles of Geotechnical Engineering 10th edition, Cengage Learning. Inc., Amazon.
- Duncan, J. M. (1996). State of the art: limit equilibrium and finite-element analysis of slopes. *Journal of Geotechnical Engineering*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1996\)122:7\(577\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1996)122:7(577))
- Fredlund, D. G., & Rahardjo, H. (1993). *Soil mechanics for unsaturated soils*. books.google.com.
- Gedela, R., Indraratna, B., Medawela, S., & ... (2023). Effects of fines content on the strength and stiffness of biopolymer treated low-plasticity soils. *Australian*

- Hamza, M., Aziz, M., Xiang, W., Younis, M. W., Nie, Z., & ... (2022). Strengthening of high plastic clays by geotextile reinforcement. *Arabian Journal of ...* <https://doi.org/10.1007/S12517-022-09972-W>
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). *An Introduction to Geotechnical Engineering [M]*. US. Pearson Education, Inc.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). *Soil mechanics*, 553 pp. John Wiley, New York.
- Mochtar, H. I. B., & Mochtar, N. E. B. (2018). The effect of cracks propagation on cohesion and internal friction angle for high plasticity clay. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(5), 2504–2507.
- Mochtar, I. B., & Hutagamissufardal. (2016). Cracks In Soils And Their Implication For Geotechnical Engineering. *20 Th Annual National Conference on Geotechnical Engineering*.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2024). *Applied statistics and probability for engineers*. Wiley.
- Nisa', K., Candra, A. I., Hanafi, M. A. A., Heru, R., & Rivianto, A. (2022). Analisa Ketahanan Geser Tanah Lempung Di Wilayah Universitas Kadiri Dengan Uji Kuat Geser Langsung. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 6(1), 11. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v6i1.61580>
- Prasetyo, S. R. B., & Mochtar, I. B. (2022). Analisa parameter geser tanah berdasarkan pendekatan cracked soil menggunakan alat uji geser modifikasi. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 6(Edition Khusus 2), 1–12. <https://doi.org/10.12962%2Fj26151847.v6i0.13555>
- Rahardjo, H., & Fredlund, D. G. (1993). *Soil mechanics for unsaturated soils*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rini, R., & Ardan, M. (2018). Analisa Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Arang Kayu. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 105–111. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1681>
- Saputra, A., Rokhman, R., Iqbal, I., Suherman, A., & Rusmin, M. (2024). Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ditinjau Dari Kuat Geser Tanah. *Konstruksia*, 15(2), 85. <https://doi.org/10.24853/jk.15.2.85-91>
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Verdiyanti, N. E., Mukti, E. T., & Rustamaji, R. M. (2022). Hubungan Batas Cair Dan Indeks Plastisitas Terhadap Nilai Kohesi Tanah Pada Uji Direct Shear Tanah Lempung Pada Kabupaten Mempawah. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, Dan Tambang*, 9(1). <https://doi.org/10.26418/jelast.v9i1.54312>
- Wesley, L. D. (2010). *Geotechnical engineering in residual soils*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470943113>
- Widiaswara, A., Afriani, L., Purwadi, O. taufik, & Setyanto, S. (2018). Pengaruh Stabilitas Lereng Terhadap Nilai Kohesi, Sudut Geser Dalam Tanah dan Perubahan Tingkat Ketinggian Muka Air Tanah. *Seminar Nasional SINTA 2018*.