

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGUJIAN *DIRECT SHEAR* PADA TANAH MERAH YANG DIPADATKAN SESUAI *STANDARD PROCTOR*

Ali Iskandar¹, Aniek Prihatiningsih², Vania Yori Wakano³, dan Christina Veronica⁴

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: aliiskandar@ft.untar.ac.id

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: aniekp@ft.untar.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: vania.325210049@stu.untar.ac.id

⁴Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: christina.325210035@stu.untar.ac.id

Masuk : 29-11-2023, revisi: 04-12-2023, diterima untuk diterbitkan: 12-12-2023

ABSTRAK

Pengujian direct shear adalah metode eksperimental umum untuk memperoleh nilai kuat geser tanah dengan melakukan penggeseran pada sampel tanah dengan variasi pembebanan vertikal. Metodologi penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium. Pengujian yang dilakukan antara lain uji parameter tanah, uji kepadatan *standard proctor*, dan uji direct shear. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons tanah merah pada kepadatan optimum standar proctor terhadap variasi kecepatan penggeseran. Pengujian dilakukan menggunakan alat direct shear dengan 3 variasi kecepatan penggeseran. Sampel tanah merah diambil dari Leungsir - Cikarang, Jawa Barat, dan dipersiapkan sesuai standar pengujian. Sejumlah pengujian direct shear dilakukan dengan mengubah kecepatan penggeseran pada rentang yang ditentukan. Data pengujian mencakup pengukuran gaya geser dan perpindahan relatif antara dua bagian sampel tanah. Analisis data menunjukkan bahwa kecepatan penggeseran memiliki dampak signifikan terhadap sifat mekanik tanah merah. Pengujian pada kecepatan yang berbeda menghasilkan kurva kuat geser dan perpindahan yang bervariasi, mencerminkan respons tanah merah terhadap perubahan kecepatan penggeseran. Hasil penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang perilaku tanah merah dalam kondisi pengujian direct shear yang diuji dengan variasi kecepatan, yang dapat digunakan untuk memilih metode pengujian yang sesuai, sesuai dengan kebutuhan parameter geoteknik. Temuan ini berpotensi meningkatkan pemahaman tentang respons tanah terhadap pengaruh kecepatan penggeseran, memberikan kontribusi pada pemilihan metode pengujian tanah yang lebih akurat dalam konteks rekayasa Geoteknik.

Kata Kunci: *Direct shear, standard proctor, kadar air optimum, kecepatan penggeseran, tanah merah*

ABSTRACT

Direct shear testing is a commonly employed experimental method to obtain soil shear strength values by subjecting soil samples to shearing with varying vertical loads. This study aims to evaluate the response of red soil at the optimum standard Proctor density to variations in shearing rates. The tests were conducted using a direct shear apparatus with different shearing rates. The red soil samples were collected from Leungsir - Cikarang, West Java, and prepared in accordance with testing standards. Multiple direct shear tests were performed by altering the shearing rates within predetermined ranges. The test data included measurements of shear force and relative displacement between two portions of the soil sample. Data analysis revealed that shearing rate significantly influences the mechanical properties of red soil. Testing at different shearing rates resulted in varying shear strength and displacement curves, reflecting the red soil's response to changes in shearing rates. The findings of this study provide a deeper insight into the behavior of red soil under direct shear testing conditions with various shearing rates, which can be instrumental in selecting the appropriate testing method based on geotechnical parameter requirements. This research has the potential to enhance our understanding of soil response to shearing rate influences, contributing to the selection of more accurate soil testing methods in the realm of geotechnical engineering.

Keywords: *Direct shear, standard proctor, optimum water content, shear speed, red soil*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah merah adalah salah satu jenis tanah yang memiliki peran penting dalam berbagai proyek rekayasa sipil. Kajian mengenai perilaku mekanik tanah merah menjadi krusial dalam merancang struktur yang berdiri di atasnya atau penggunaan tanah merah sebagai fill material. Pengujian direct shear menjadi metode eksperimental yang umum digunakan untuk memahami respons tanah terhadap gaya geser. Salah satu aspek yang penting dalam pengujian ini adalah kecepatan penggeseran, yang dapat memengaruhi karakteristik geseran dan tahanan geser tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak variasi kecepatan penggeseran terhadap sifat mekanik tanah merah. Dengan pemahaman yang lebih mendalam mengenai respons tanah terhadap kecepatan penggeseran, dapat dikembangkan rekomendasi desain yang lebih presisi dan andal dalam proyek-proyek konstruksi. Sebelumnya, (Seahan et al, 1996) telah menunjukkan bahwa kecepatan penggeseran uji triaksial dapat mempengaruhi kurva geseran-tahanan geser tanah, namun masih diperlukan investigasi lebih lanjut untuk memahami fenomena ini secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dan memberikan kontribusi pada pemahaman ilmiah terhadap perilaku tanah lempung dalam kondisi pengujian direct shear.

Tanah merah atau latosol adalah tanah yang terbentuk karena pelapukan dengan intensitas tinggi. Tanah ini biasanya berada diatas batuan induknya. Tanah ini dapat ditemukan di wilayah dengan iklim hutan hujan tropis. Mirip dengan tanah podsol, tanah ini memiliki kandungan besi atau alumunium yang tinggi dan mengalami oksidasi, sehingga warnanya berwarna kemerahan, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tanah merah

Rumusan Masalah

Rate penggeseran yang tepat, sesuai dengan kondisi drained maupun undrained merupakan sesuatu yang sensitif. Dikarenakan pada pengujian *direct shear* yang umum digunakan, tekanan air pori eksres yang terjadi tidak dapat diukur.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan melakukan bererapa uji pendukung sebelum uji *direct shear*. Tahapan pengujian dengan melakukan uji indeks properties tanah untuk pameter tanah, uji kepadatan *standard proctor* untuk menentukan

kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang akan digunakan untuk pemadatan sampel yang akan diuji dengan *direct shear*. Sebelum dilakukan pengujian *direct shear* sampel yang akan diuji dijenuhkan terlebih dahulu, kemudian dilakukan uji konsolidasi, setelah itu baru dilakukan uji *direct shear*. Pengujian *direct shear* dilakukan dengan 3 variasi kecepatan penggeseran dengan beban 5, 10, dan 15kg.

Uji yang dilakukan pada penelitian:

- Uji indeks properti, pengujian ini meliputi indeks plastisitas, spesifik gravity, kadar air natural dan analisis grain size. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis tanah dengan menggunakan standar klasifikasi tanah menggunakan USCS.
- Uji Pemadatan dilakukan sesuai dengan standar proctor bertujuan untuk menentukan kadar air maksimum pada suatu tanah ketika mencapai volume kering maksimum atau kepadatan maksimum tanah. Pengujian ini menggunakan 6 sampel tanah dan dilakukan pengukuran berat isi serta kadar air.
- Pengujian *direct shear* pada tanah merah merupakan metode yang umum digunakan untuk memahami perilaku mekanik tanah saat mengalami penggeseran. Pada dasarnya, tanah merah adalah material geoteknik yang kompleks dan sifat-sifat mekaniknya dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk kecepatan penggeseran.

Pada pengujian *direct shear*, sampel tanah merah ditempatkan di antara dua lapisan, lapisan bawah diam dan lapisan atas yang bergerak. Kecepatan gerakan lapisan atas relatif terhadap lapisan bawah menciptakan gaya geser pada tanah. Dalam kondisi ini, tahanan geser dan deformasi tanah dapat diukur untuk memahami respons mekaniknya.

Kecepatan penggeseran diperkenalkan sebagai variabel penting dalam pengujian ini karena dapat memengaruhi karakteristik geseran tanah. Penelitian sebelumnya (W. Mun et al, 2016) melakukan pengujian menggunakan uji triaxial dan menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan penggeseran dapat menghasilkan perubahan signifikan dalam kurva geseran-tahanan geser tanah. Faktor ini dapat disebabkan oleh efek redistribusi air di dalam tanah atau perubahan keadaan tanah yang terkait dengan kecepatan deformasi.

Pemahaman lebih lanjut tentang dampak kecepatan penggeseran pada tanah merah penting untuk pengembangan model mekanik yang akurat dan perancangan struktur yang stabil. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba menggali hubungan antara kecepatan penggeseran dan respons mekanik tanah lempung, dengan harapan memberikan kontribusi pada literatur geoteknik dan teknik sipil.

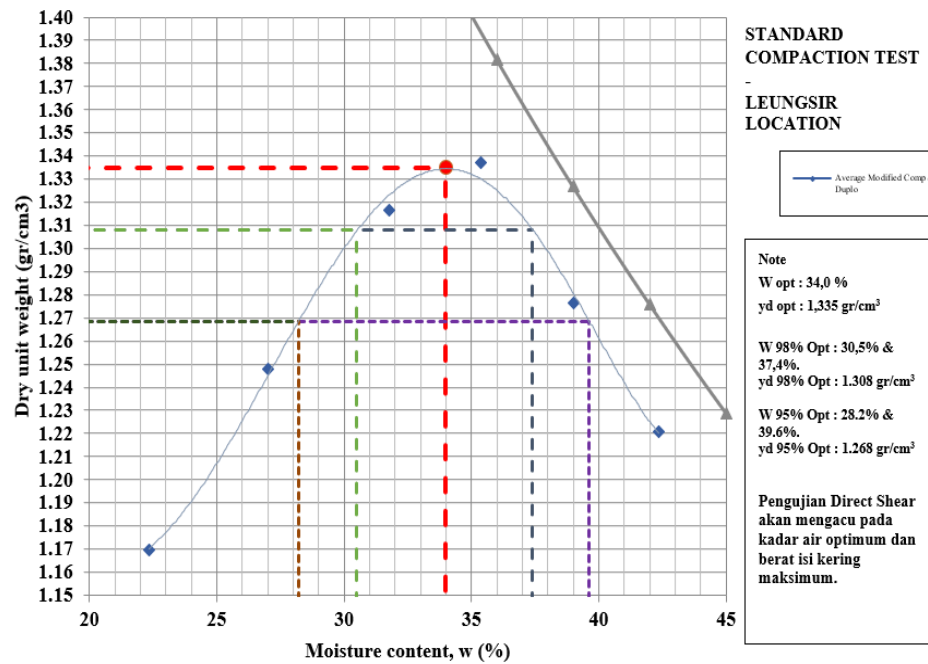
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Index Properties

Sebelum semua pengujian utama dilakukan, dilakukan pengujian awal berupa *specific gravity*, *plasticity index* dan *grainsize* untuk mengetahui sifat fisik tanah, dari hasil pengujian ini didapatkan nilai rata-rata, antara lain $G_s = 2.75$, $IP = 58\%$, kadar air awal, $w_n = 30.3\%$, distribusi ukuran butir didominasi oleh silt. Dengan menggunakan USCS didapatkan tanah adalah termasuk *inorganic silt* dengan plastisitas tinggi (MH).

Uji standard proctor

Berdasarkan hasil pengujian kepadatan tanah sesuai dengan *standard proctor*, Tanah daerah Leungsir memiliki kadar air optimum (W_{opt}) sebesar 34% ketika mencapai berat isi tanah kering maksimum (γ_{dmaks}) sebesar 1.335 gr/cm³. Kurva pengujian kepadatan ditunjukkan pada gambar 2.

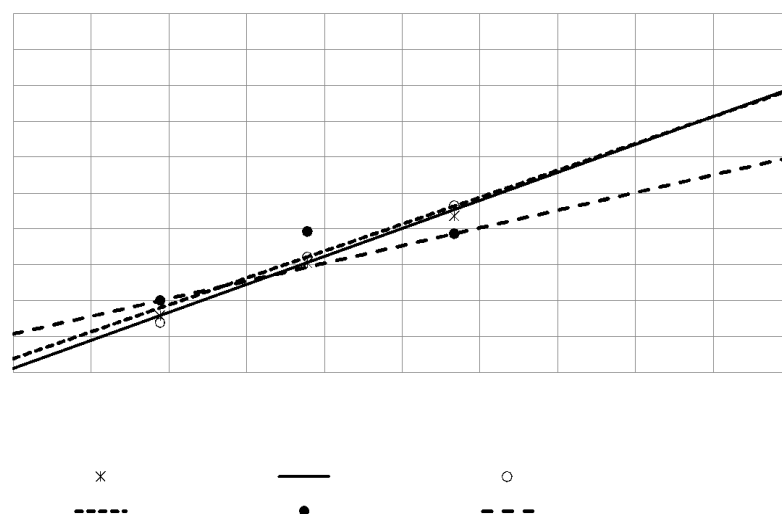


Gambar 2. Kurva kompaksi tanah merah Leungsir

Uji *Direct shear*

Uji *direct shear* dilakukan dengan 3 (tiga) kecepatan, antara lain 0.408 mm/min, 0.015 mm/min dan 0.007 mm/min. sebelum diuji, sample digenangi dengan air selama 4 jam dan kemudian diberikan beban normal. Pemberian beban normal ini dilakukan hingga didapatkan nilai t_{90} . Hal ini dilakukan untuk memastikan sample sudah selesai mengalami konsolidasi sebelum dilakukan penggeseran.

Gambar 3 dan tabel 1 berikut ini merupakan hasil penggeseran dengan tiga kecepatan. Dimana pada gambar tersebut memperlihatkan plotting antara tegangan geser dan normal untuk mendapatkan nilai c dan ϕ .

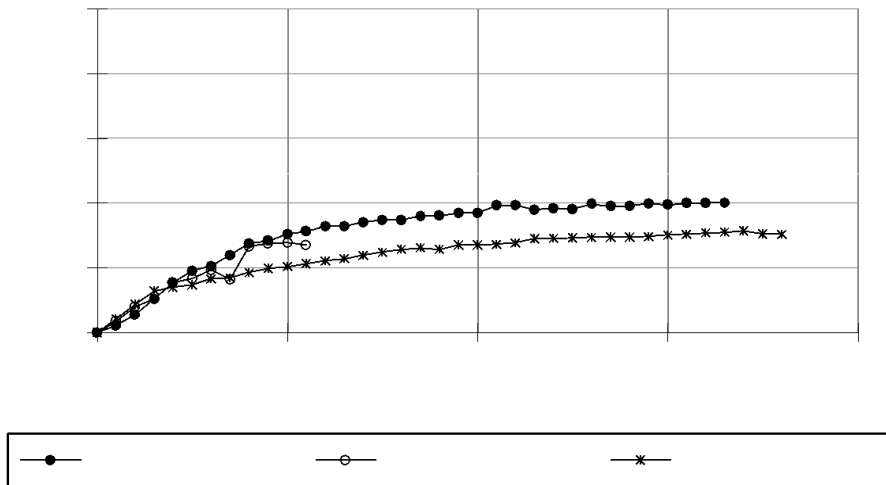


Gambar 3. Garis keruntuhan untuk tiga macam kecepatan

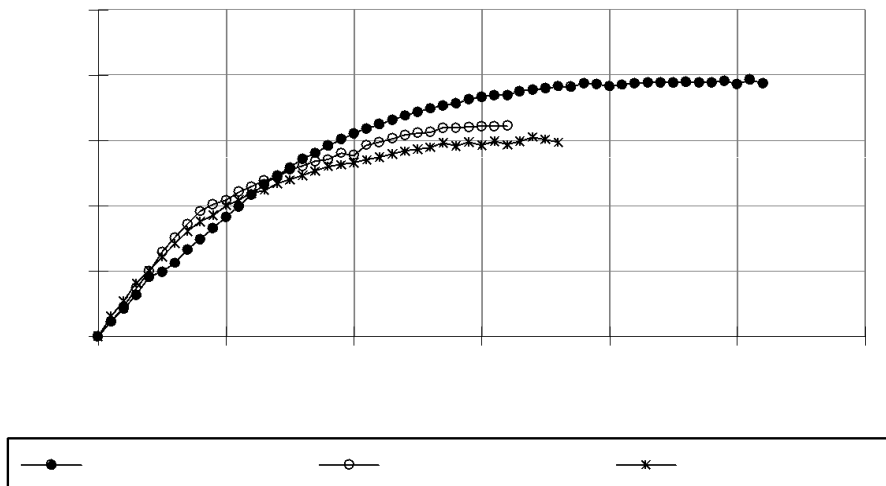
Tabel 1. *Result* uji *direct shear* dengan tiga kecepatan

<i>Set</i> <i>Sample</i>	Kecepatan uji (mm/min)	<i>c</i> kg/cm ²	ϕ °
1	0.408	1.07	26.24
2	0.015	0.38	36.90
3	0.007	0.09	38.06

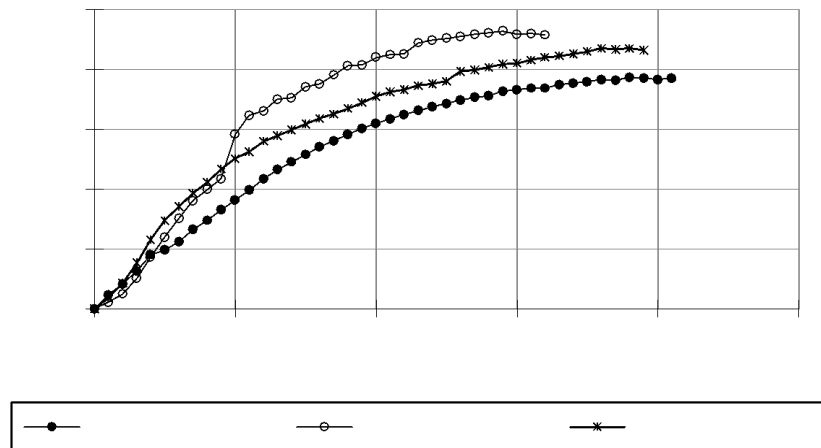
Gambar 4 hingga 6 menunjukkan perbandingan shear dan *displacement* untuk tiga macam kecepatan dengan tiga tegangan normal terlihat ada tendensi, jika *shear speed* makin cepat, maka nilai kuat geser yang dihasilkan makin tinggi untuk kasus tanah merah.



Gambar 4. Pengujian tiga kecepatan pada tegangan normal 1.89 kg/cm²

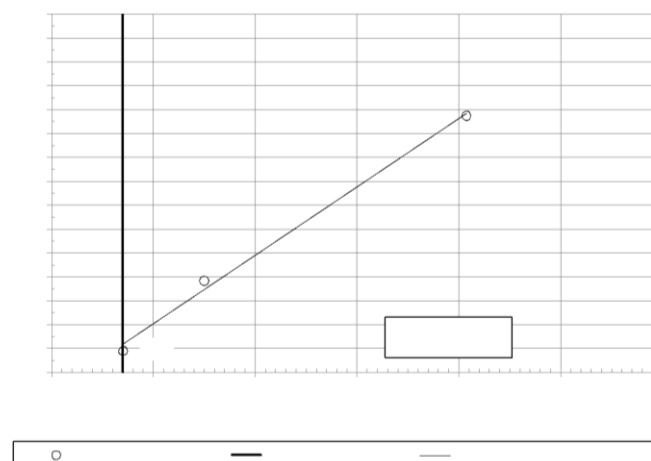


Gambar 5. Pengujian tiga kecepatan pada tegangan normal 3.78 kg/cm²

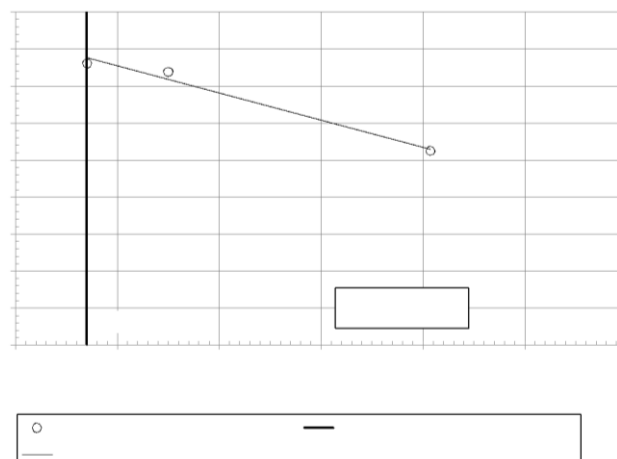


Gambar 6. Pengujian tiga kecepatan pada tegangan normal 5.67 kg/cm²

Pada gambar 7 menunjukkan nilai kohesi akan cenderung naik jika shear speed meningkat, sedangkan pada gambar 8 menunjukkan nilai sudut geser dalam akan cenderung menurun bilamana *shear speed* meningkat.



Gambar 7. Kecepatan penggeseran dan nilai kohesi



Gambar 8. Kecepatan penggeseran dan nilai sudut geser dalam

Rekomendasi kecepatan dihitung berdasarkan pada nilai $11.6 \times t_{90}$, dan peralihan 10 mm. Rekomendasi kecepatan adalah 0.07 mm/min sesuai dengan hasil uji *direct shear* kecepatan terendah, dimana hasil kuat geser yang didapatkan didominasi oleh komponen sudut geser dalam (ϕ). Rekomendasi kecepatan diperlihatkan pada gambar 7 dan 8. Untuk kondisi undrained, dapat dicapai dengan cara extrapolasi kurva (persamaan regresi pada gambar 8), diperkirakan dapat dicapai bila menggunakan *rate* 1.13 mm/min, dengan perkiraan nilai undrained shear strength, menggunakan persamaan regresi gambar 7 dengan memasukkan nilai *rate* 1.13mm/min, didapatkan nilai *undrained cohesion* (c_u) sebesar 3.15 kg/cm².

4. KESIMPULAN DAN SARAN

- Pemilihan kecepatan pengujian akan sangat menentukan nilai kuat geser yang didapatkan, hal ini harus disesuaikan dengan kondisi konstruksi, berupa staging pembebanan untuk menghasilkan parameter kuat geser yang tepat.
- Nilai kuat geser dengan speed paling rendah 0.007 mm/min secara teoritis merupakan nilai c_d dan ϕ_d , dimana nilai kohesi sudah mendekati nol, sebagaimana dalam teori menyebutkan pada *rate* yang sangat lambat, nilai ϕ akan berperan dalam kuat geser karena nilai kohesi sudah mendekati nol.
- Disarankan untuk melanjutkan pengujian dengan *rate*, baik yang lebih tinggi maupun lebih rendah dari yang sudah ada, untuk pengujian dengan *rate* yang tinggi, maka diperlukan beberapa set alat perekam.
- Dilakukan pengujian dengan tipe tanah yang lain lagi, berupa tanah pasir maupun lempung dengan karakteristik yang berbeda-beda.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara Jakarta (LPPM Untar) yang telah memberikan dukungan dan pendanaan pada periode II/ tahun 2023, sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan Terima kasih kami sampaikan juga kepada kaprodi teknik sipil dan kepada laboran laboratorium mekanika tanah universitas Tarumanagara.

REFERENSI

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 2813:2008. Cara uji kuat geser tanah terkonsolidasi dan terdrainase. Badan Standarisasi Nasional.
- Bro, A. D, Stewart, J. P, & Pradel, D. E. (2013). Estimating Undrained Strength of Clays from Direct Shear Testing at Fast Displacement Rates. ASCE. Geocongress 2013 -- Stability and Performance of Slopes and Embankments III, 231(1), 1-14. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/0fz7h64j>
- Head, K.H. 2011. Manual of soil laboratory testing 3rd Edition. Vol. 2: Permeability, shear strength and compressibility tests. Pentech Press, London, UK.
- Li, D., Yin, K., Glade, T. et al. Effect of over-consolidation and shear rate on the residual strength of soils of silty sand in the Three Gorges Reservoir. Sci Rep 7, 5503 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05749-4>
- Reid, D, 2016. Effect of rotation rate on shear vane results in a silty tailings, in Proceedings of the 5th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterisation, ISC 2016, pp 369–374.
- Sheahan, T., Ladd, C., Germaine, J. 1996. Rate-dependent un-drained shear behaviour of saturated clay. Journal of Geotechnical Engineering 122(2): 99-108.
- Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. (n.d.). ASTM D3080

- Vimala, Demitri, Gregorius Sandjaja & Ali Iskandar.” Pengaruh Gradasi Butiran dari Koefisien Keseragaman dan Gradasi Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam pada 3 Jenis Pasir”, Jurnal Mitra Teknik Sipil (JMTS), 2023.
- W. Mun et al. “Rate effects on the undrained shear strength of compacted clay”, *Soils Found.* (2016), <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2016.07.012>
- Wichtmann, T.; Triantafyllidis, T. Effect of Uniformity Coefficient on G/Gmax and Damping Ratio of Uniform to Well-Graded Quartz Sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 2013, 139,59–72, doi:10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000735.
- Zhao, C. F., Wu, Y., Zhao, C., Zhang, Q. Z., Liu, F. M., & Liu, F. (2019). Pile Side Resistance in Sands for the Unloading Effect and Modulus Degradation. *Materiales De Construcción*, 69(334), e185. <https://doi.org/10.3989/mc.2019.03718>
- Zhaohui Sun et al “Direct Shear Test of Silty Clay Based on Corrected Calculating Model”. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 384 012172, 2019