

KORELASI NILAI KUAT GESER TANAH HASIL UJI LABORATORIUM DAN HASIL UJI LAPANGAN

R. Dewi^{1*}, B. B. Adhitya¹, I. C. San¹, M. R. Safir¹, K. Mukhti¹

¹Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: ratnadewi@unsri.ac.id

ABSTRAK: Penentuan kekuatan tanah pendukung pondasi struktur bangunan maupun jalan yang tepat dan aman sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan terhadap keruntuhan tanah. Oleh karena itu, keberhasilan evaluasi kesesuaian tanah dalam menentukan fondasi yang aman diperlukan informasi tentang sifat-sifat fisis dan mekanis tanah dengan melakukan penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Terkait dengan penyelidikan tanah di laboratorium tidak jarang akan mengalami kesulitan dalam pengambilan contoh tanah (undisturbed sample) dan saat melakukan pengujian sampel tanah di daerah tanah lunak, sehingga diperlukan korelasi sifat tanah hasil uji di laboratorium yang meliputi pengujian soil properties dan kuat geser tanah terhadap hasil uji langsung di lapangan dengan alat uji vane shear. Sifat fisis terkait kadar air pada setiap lokasi yang diteliti diperoleh nilai yang mendekati sama kecuali untuk sampel tanah lokasi 10. Nilai kadar air (ω) asli tanah tertinggi pada sampel tanah titik 10 yaitu sebesar 39,70%, dan nilai terendah berada di sampel tanah titik 1 sebesar 18,13%. Begitu pula dalam hal klasifikasi USCS, sampel tanah termasuk jenis tanah OL dan ML yang merupakan kelompok dengan jenis tanah lempung atau lanau organik dengan plastisitas yang rendah, kecuali sampel lokasi tanah titik 10 termasuk kelompok tanah MH (tanah lempung dengan plastisitas tinggi). Hasil pengujian kuat geser semua sampel menghasilkan nilai yang tidak terlalu jauh berbeda pada hasil ketiga alat pengujian, dimana nilai kuat geser laboratorium lebih tinggi sedikit dibandingkan dengan hasil uji Vane Shear lapangan dengan perbedaan sebesar 17% dari hasil triaxial UU dan 9,6% dari hasil *Unconfined Compression test*. Persamaan korelasi nilai kuat geser hasil uji triaxial UU terhadap uji vane shear adalah $y_{(\text{kuat geser triaxial})} = 1.0317x_{(\text{kuat geser vane shear})} + 0.1502$ yang memiliki koefisien korelasi $R = 0,9852$, sedangkan korelasi terhadap hasil uji UCT adalah $y_{(\text{kuat geser UCT})} = 1.0949x_{(\text{kuat geser vane shear})} + 0.0369$ yang memiliki koefisien korelasi $R = 0,9832$.

Kata Kunci: kuat geser, *vane shear*, triaxial UU, *unconfined compression test*

ABSTRACT: Determination of the strength of the soil supporting the foundation of building structures and roads that are appropriate and safe is very necessary to maintain stability against soil collapse. Therefore, the success of evaluating the suitability of the soil in determining a safe foundation requires information on the physical and mechanical properties of the soil by conducting soil investigations in the field and in the laboratory. Associated with soil investigations in the laboratory, it is not uncommon to experience difficulties in taking undisturbed samples and when testing soil samples in soft soil areas, so it is necessary to correlate the soil properties of the test results in the laboratory which includes testing soil properties and soil shear strength to the results. direct test in the field with a vane shear test equipment. Physical properties related to water content at each location studied obtained values that are close to the same except for the soil sample at location 10. The highest value of the original soil moisture content (ω) is in the soil sample point 10, which is 39.70%, and the lowest value is in the soil sample. point 1 of 18.13%. Likewise, in terms of the USCS classification, the soil samples include OL and ML soil types which are groups with clay or organic silt types with low plasticity, except for the sample location of the 10 point soil, including the MH soil group (clay soil with high plasticity). the results of the shear strength testing of all samples produced values that were not too much different from the results of the three test equipment, where the laboratory shear strength value was slightly higher than the field Vane Shear test results with a difference of 17% from the triaxial UU results and 9.6% from the *Unconfined Compression results. test*. The correlation equation for the shear strength value from the triaxial shear test of UU

against the vane shear test is $y(\text{triaxial shear strength}) = 1.0317x(\text{vane shear shear strength}) + 0.1502$ which has a correlation coefficient of $R = 0.9852$, while the correlation to the results of the UCT test is $y(\text{UCT shear strength}) = 1.0949x(\text{vane shear shear strength}) + 0.0369$ which has a correlation coefficient of $R = 0.9832$.

Keywords: shear strength, vane shear, triaxial UU, unconfined compression test

PENDAHULUAN

Tanah yang aman dipakai untuk struktur adalah tanah yang dapat memenuhi 2 kriteria dalam perancangan pondasi, yaitu tidak mengalami keruntuhan geser dan penurunan yang terjadi akibat beban menahan beban diatasnya tidak melebihi batas toleransi struktur. Sehingga dalam penentuan pondasi yang aman diperlukan informasi tentang soil properties dengan melakukan penyelidikan tanah baik di lapangan dan di laboratoium sesuai prosedur dalam standard yang berlaku.

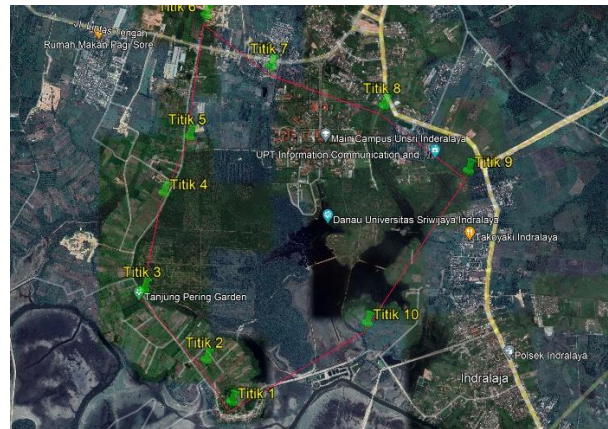
Penyelidikan tanah di laboratorium kadang kala mengalami kesulitan dalam pengambilan contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) dan perlakuan sampel tanah saat melakukan pengujian karakteristik sifat fisis dan mekanis yang mewakili kondisi tanah di lapangan, khususnya untuk kondisi tanah lunak. Sehingga tidak jarang hasil yang didapat seringkali tidak mewakili kondisi sesungguhnya. Terlebih lagi, dengan adanya pengujian di laboratorium tentunya akan menambah biaya dan waktu pengerjaan. Hal ini merupakan suatu tantangan dalam perencanaan suatu konstruksi diatas tanah lunak secara ekonomis, aman dan nyaman, termasuk dalam hal ini adalah menentukan parameter kuat geser tanahhya

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menentukan evaluasi uji in situ dan laboratorium seperti: karakteristik geoteknik dari lempung lunak di Irak selatan, dilakukan beberapa korelasi dari hubungan antara uji penetrasi standar (NSPT) dan tahanan konus sondir, tegangan prakonsolidasi dan kekuatan geser vane shear, indeks plastisitas dan kekuatan geser tak terdrainase (Fattah & Baqir, 2006), menginterpretasikan hasil uji vane shear tests dalam perhitungan stabilitas geoteknik (Kouretzis et al., 2017), hubungan antara kekuatan geser tak terdrainase lapangan dari lempung sensitif dan beberapa sifat tanah di laboratorium (Ayadat, 2021), (D’Ignazio et al., 2016), dan (J. Schaeffers & Weemees, 2012).

METODOLOGI

Lokasi tanah yang digunakan dalam penelitian adalah didaerah Inderalaya, kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan

parameter tanah adalah pengujian laboratorium meliputi pengujian *indeks properties* dan kuat geser tanah, dan pengujian langsung di lapangan dengan alat uji *vane shear*. Sampel tanah yang digunakan untuk pengujian laboratorium berupa sampel tanah terganggu (dari hasil pemboran) dan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*) berbentuk tabung yang diambil di lokasi dan kedalaman yang sama dengan lokasi pengujian vane shear di lapangan. Lokasi titik pengujian beserta koordinat tiap titik lokasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1 dibawah ini.



Gambar 1. Lokasi titik pengujian

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah menggunakan metode handbor yang mengacu pada ASTM D1452-09. Tanah dibor dengan kedalaman yang sama pada saat pengujian *vane shear*, yaitu ±2m dengan alasan untuk menghindari tanah yang diambil merupakan tanah timbunan yang kondisinya tidak asli lagi (Gambar 2).

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Pengujian

Titik lokasi	Koordinat
1	3°14'40"S 104°38'23"E
2	3°14'25"S 104°38'14"E
3	3°14'00"S 104°37'52"E
4	3°13'26"S 104°37'59"E
5	3°13'06"S 104°38'08"E
6	3°12'23"S 104°38'14"E
7	3°12'41"S 104°38'37"E

8	3°12'55"S 104°39'17"E
9	3°13'18"S 104°39'47"E
10	3°14'12"S 104°39'11"E



Gambar 2. Pengambilan sampel tanah di lokasi

Pengujian *Vane Shear* Lapangan

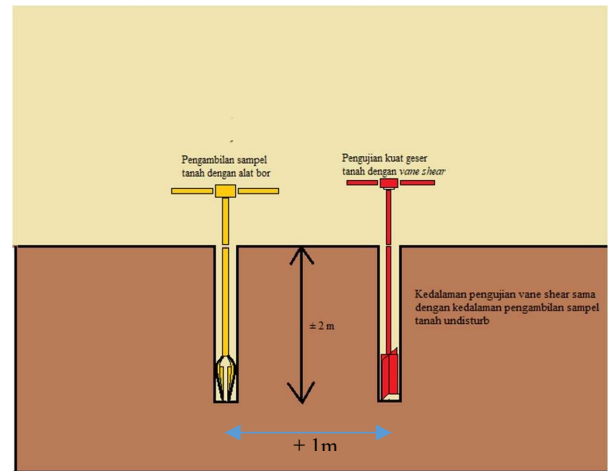
Pengujian *vane shear* merupakan pengujian in-situ yang digunakan untuk penentuan parameter kuat geser tak terdrainase (*Undrained Compressive Strength*) dari suatu tanah yang mengacu pada standard ASTM D 2573-72. Kapasitas alat dapat mencapai kuat geser hingga 200 kPa pada tanah lunak jenuh air. Penggunaan uji *vane shear* ini sendiri memiliki beberapa keunggulan antara lain prosedur pengujian yang sederhana, ekonomis dan cukup cepat sehingga bisa mengurangi biaya pengujian dan pengujian *vane shear* ini juga dapat menentukan parameter kuat geser tanah lunak sensitif yang sulit dilakukan di laboratorium terkait dengan pengambilan sampel tanah dan pembentukan benda uji.

Lokasi pengujian *vane shear* sama dengan lokasi pengambilan sampel tanah yang berjarak ± 1 m satu sama lain (Gambar 3). Alat *vane shear* memiliki interval pembacaan momen torsi dari 0 sampai 260 kPa, interval nilai momen torsi tersebut dapat dilihat dari 3 buah ukuran kipas (*vane*) yang berbeda. Gambar 4 berikut adalah gambar alat *vane shear* lapangan dan baling-baling yang akan digunakan pada penelitian ini.

Pengujian *Index Properties* Tanah

Sampel tanah lempung yang telah diambil dari lapangan, kemudian segera dilakukan pengujian *index properties* sesuai dengan standar ASTM yang berlaku. Pengujian yang dilakukan berupa uji kadar air (*water content*) dengan standar ASTM D-2216-1998, berat jenis butiran (*specific gravity*) yang mengacu pada ASTM D 654-92 (1994), analisa saringan (*sieve analysis*) diambil

dari standar ASTM D 442, batas-batas *Atterberg* diambil dari standar ASTM D 4318-00, dan berat volume tanah mengacu pada standar ASTM C-29.



Gambar 3. Skema pengambilan sampel tanah dan pengujian *vane shear*



Gambar 4. Alat *vane shear* lapangan

Pengujian Triaxial UU

Pengujian triaxial ini dilakukan terhadap 10 sampel tanah *undisturbed* yang diambil di lokasi yang sama dengan lokasi pengujian *vane shear*. Metode yang digunakan dalam pengujian triaxial UU berdasarkan standar ASTM D 2850, Pengujian triaxial UU bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser tanah, yaitu nilai kohesi, sudut geser dalam, tegangan total ataupun efektif yang mendekati keadaan asli di lapangan.

Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Prosedur dalam pengujian *Unconfined Compression Test* (UCT) ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-3638-

1994. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan bebas tanah kohesif. Pengujian UCT ini dilakukan terhadap 10 sampel tanah *undisturbed*.

HASIL PENGUJIAN

Index Properties Tanah di Daerah Inderalaya, Kabupaten Ogan Ilir.

Pengujian *Index Properties* Tanah meliputi kadar air tanah asli, berat butiran tanah (GS), distribusi ukuran butiran tanah, batas-batas atterberg yang pada akhirnya untuk penentuan klasifikasi sampel tanah. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Index Properties* Tanah di daerah Inderalaya

Sampel titik lokasi	Kadar air (%)	GS	Sieve analisis	
			Persen lolos (%)	
			No. 40	No. 200
1	18,13	2,62	77,41	43,13
2	20,17	2,61	82,76	54,55
3	23,40	2,58	89,50	66,17
4	25,45	2,61	78,22	54,56
5	25,56	2,58	90,50	66,77
6	23,25	2,58	82,81	57,39
7	25,40	2,57	91,23	62,67
8	27,99	2,56	74,65	55,99
9	26,15	2,57	72,47	61,38
10	39,70	2,57	96,96	93,90

Dari hasil pengujian sifat fisis tanah yang telah dilakukan, semua sampel pada setiap lokasi diperoleh nilai yang mendekati sama kecuali untuk sampel tanah lokasi 10. Nilai kadar air (ω) asli tanah tertinggi pada sampel tanah titik 10 yaitu sebesar 39,70%, dan nilai kadar air (ω) terendah berada di sampel tanah titik 1 sebesar 18,13%, dan diperoleh nilai berat jenis (G_s) tanah tertinggi pada sampel tanah titik 1 sebesar 2,621 dan berat jenis (G_s) tanah terendah berada di sampel tanah titik 8 sebesar 2,56.

Berdasarkan pengujian batas-batas Atterberg, trend besaran nilai batas cair (LL) dan indeks plastisitas sama seperti nilai kadar air yaitu didapat nilai tertinggi pada sampel titik 10 (*High Plasticity*). Kemudian dari hasil distribusi butiran tanah rata-rata lolos saringan No. 200 lebih dari 50%. Dengan demikian dari sistem klasifikasi USCS, sampel tanah diuji termasuk dalam kelompok tanah OL dan ML yang merupakan kelompok dengan jenis tanah lempung atau lanau organik dengan plastisitas yang rendah, kecuali sampel lokasi tanah titik

10 termasuk kelompok tanah MH (tanah lempung dengan plastisitas tinggi).

Tabel 3. *Index Properties* Tanah di daerah Inderalaya (Lanjutan)

Sampel titik lokasi	Batas-batas Atterberg (%)			Sifat Plastisitas	Klas. USCS
	LL	PL	IP		
1	32,29	24,16	8,12	Sedang	ML
2	40,45	24,51	15,94	Sedang	OL
3	49,00	32,58	16,42	Sedang	OL
4	44,60	31,08	13,53	Sedang	OL
5	45,61	31,94	13,67	Sedang	OL
6	39,57	26,25	13,32	Sedang	ML
7	45,17	30,01	15,17	Sedang	OL
8	51,12	39,88	11,25	Sedang	MH
9	49,02	35,95	13,06	Sedang	OL
10	81,85	53,14	28,72	Tinggi	MH

Kuat Geser Tanah Hasil Uji Lapangan.

Adapun nilai kuat geser hasil dari pengujian *vane shear* lapangan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 4. Hasil uji *vane shear* lapangan

Titik lokasi	Nilai Kuat Geser (kPa)	Nilai Kuat Geser (kg/cm ²)	Konsistensi
1	29,05	0,296	Lunak
2	70,05	0,714	Sedang
3	94,95	0,968	Kaku
4	56,94	0,581	Sedang
5	64,94	0,662	Sedang
6	34,86	0,356	Lunak
7	75,03	0,765	Sedang
8	53,12	0,542	Sedang
9	82,00	0,836	Sedang
10	64,74	0,660	Sedang

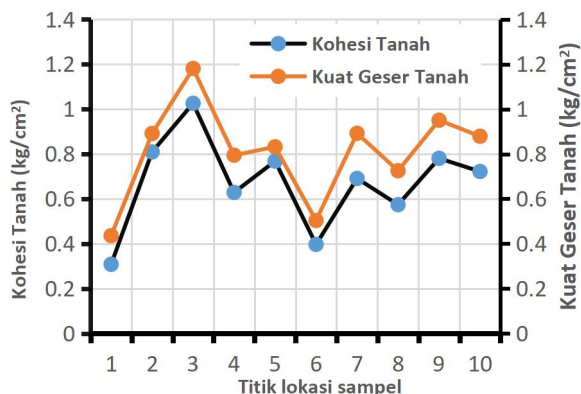
Dari Tabel 3 diatas terlihat nilai kuat geser tidak terlalu jauh berbeda di tiap lokasinya, nilai kuat geser tertinggi berada pada titik 3 yaitu sebesar 0.968 kg/cm² yang terletak pada koordinat 3°14'00"S 104°37'52"E dengan konsistensi kaku, sedangkan yang terendah terdapat pada titik 1 yaitu sebesar 0.296 kg/cm² yang terletak pada koordinat 3°14'40"S 104°38'23"E dengan konsistensi lunak (Hardiyatmo, 2019), nilai rata-rata kuat geser seluruh lokasi sebesar 0,638 kg/cm², dan berdasarkan tabel konsistensi tanah (Hardiyatmo, 2019), bahwa 7 dari 10 titik lokasi yang diuji dengan *vane shear* termasuk kelompok tanah dengan konsistensi sedang dan 2 titik berkonsistensi lunak.

Kuat Geser Tanah Hasil Uji Laboratorium.

Hasil uji kuat geser pada seluruh sampel tanah dengan alat uji triaxial dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4 di bawah.

Tabel 5. Nilai Kuat Geser Tanah Pengujian Triaxial UU

Sampel Titik lokasi	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut gesek dalam (φ) (deg)	Kuat Geser (τ) (kg/cm ²)
1	0.308	17.931	0.436
2	0.809	15.901	0.891
3	1.026	24.751	1.181
4	0.629	26.243	0.794
5	0.768	9.486	0.832
6	0.397	18.149	0.504
7	0.691	27.287	0.892
8	0.574	20.984	0.725
9	0.781	25.134	0.950
10	0.722	24.996	0.879



Gambar 5. Grafik Hubungan nilai Kuat Geser tanah dengan Kohesi Tanah pada setiap titik lokasi

Hasil uji triaxial pada setiap sampel titik lokasi menunjukkan bahwa konsistensi tanah rata-rata pada rentang sedang, kecuali pada sampel titik 3 termasuk kaku dengan nilai kuat geser sebesar 1.181 kg/cm² dan titik 1 dan titik 6 pada kondisi lunak, sehingga dapat dikatakan konsistensi semua titik sampel sama seperti hasil uji *vane shear* lapangan. Gambar 5 menunjukkan bahwa ada kecenderungan besarnya kuat geser tanah sangat dipengaruhi oleh nilai kohesi tanah.

Adapun untuk nilai kuat geser hasil dari uji kuat tekan bebas (UCT) dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini. Dari Tabel 6 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan bebas tanah tertinggi yaitu pada sampel titik lokasi 3 dengan nilai sebesar 1.078 kg/cm², sedangkan nilai kuat tekan bebas tanah terendah yaitu pada sampel titik lokasi 1 yang terletak pada koordinat 3°14'40"S 104°38'23"E dengan nilai 0.321kg/cm².

Tabel 6. Hasil uji kuat tekan bebas sampel tanah

Sampe titik lokasi	Nilai Kuat Tekan (kPa)	Nilai Kuat Tekan (kg/cm ²)	Konsistensi
1	31,423	0,321	Lunak
2	79,184	0,808	Sedang
3	105,667	1,078	Kaku
4	65,034	0,663	Sedang
5	80,411	0,820	Sedang
6	39,437	0,402	Lunak
7	73,743	0,752	Sedang
8	66,862	0,682	Sedang
9	87,527	0,893	Sedang
10	79,404	0,810	Sedang

Analisa Perbandingan Nilai Kuat Geser Pengujian Lapangan dan Laboratorium

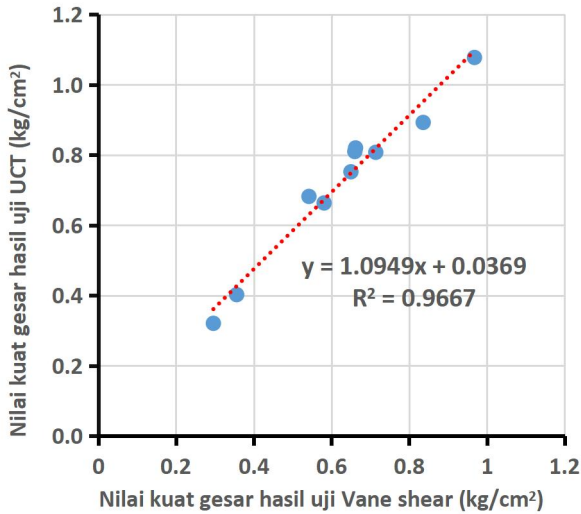
Hasil uji vane shear (lapangan) dan laboratorium (triaxial UU dan UCT) untuk masing-masing titik lokasi pada kedalaman yang sama (2meter) dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Nilai kuat geser hasil uji Lapangan dan Laboratorium.

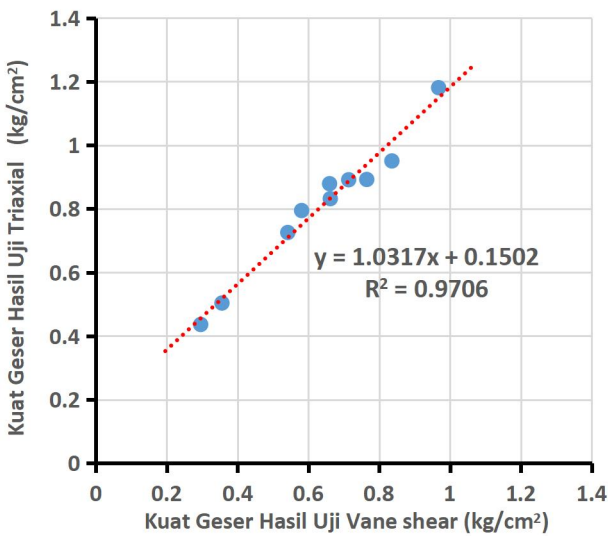
Sampel Titik lokasi	Uji Laboratorium		
	Uji Lapangan Vane shear (kg/cm ²)	Triaxial UU (kg/cm ²)	UCT (kg/cm ²)
1	0,296	0,436	0,321
2	0,714	0,891	0,808
3	0,968	1,181	1,078
4	0,581	0,794	0,663
5	0,662	0,832	0,820
6	0,356	0,504	0,402
7	0,765	0,892	0,752
8	0,542	0,725	0,682
9	0,836	0,950	0,893
10	0,660	0,879	0,810

Berdasarkan Tabel 6 diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat geser dengan benda uji yang sama dengan alat yang berbeda dapat menghasilkan nilai kekuatan geser yang tidak terlalu jauh berbeda, dimana nilai kuat geser laboratorium (triaxial UU dan UCT) lebih tinggi sedikit dibandingkan dengan hasil uji lapangan (*vane shear*), walaupun kedua metode pengujian tersebut berlangsung tanpa pengaliran air dari dan ke dalam sampel uji. Dari hasil perbandingan nilai kuat geser antara dua metode pengujian di atas, kemudian dibuat hubungan satu sama lain melalui persamaan yang menggunakan analisis regresi linier

diantara keduanya yang ditunjukkan pada gambar 6 dan 7 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik hubungan nilai kuat geser hasil uji vane shear dan UCT



Gambar 7. Grafik hubungan nilai kuat geser hasil uji vane shear dan Triaxial UU

Dari grafik analisa regresi linier (Gambar 6) diatas dihasilkan persamaan hubungan nilai kuat geser keduanya yaitu $y_{(kuat\ geser\ UCT)} = 1.0949x_{(kuat\ geser\ vane\ shear)} + 0.0369$ yang memiliki koefesien determinasi, $R^2 = 0,9667$ atau koefisien korelasi $R = 0,9832$ yang menandakan mendekati nilai yang baik karena memiliki nilai koefesien korelasi (R) yang mendekati satu ($R \approx 1$). Perbedaan nilai keduanya rata-rata sebesar 9,6%.

Dari Gambar 7 grafik analisa regresi linier diatas dihasilkan persamaan hubungan nilai kuat geser keduanya yaitu $y_{(kuat\ geser\ triaxial)} = 1.0317x_{(kuat\ geser\ vane\ shear)} + 0.1502$ yang memiliki koefesien determinasi, $R^2 =$

0,9706 atau koefisien korelasi $R = 0,9852$ yang menandakan hubungan korelasi antara dua pengujian tersebut adalah dapat diterima.

Penelitian serupa yang pernah dilakukan menghasilkan perbandingan nilai kuat geser tanah jenuh dan tak jenuh dari pengujian vane shear dan direct shear dari penelitian tersebut didapat nilai kuat geser direct shear lebih kecil 46% dibandingkan dengan uji geser vane shear (Makki, 2018). Adapun pada penelitian ini nilai kuat geser pada pengujian triaxial UU lebih besar 17% dari pengujian vane shear lapangan.

Adapun perbedaan hasil pada uji kuat geser di laboratorium dengan hasil uji lapangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor berikut (Ardana, 2008), (Ayadat, 2021), (Fattah & Baqir, 2006):

1. Pengujian vane shear test dilakukan secara manual dengan mengandalkan putaran dan kekuatan dari operator, sehingga jika tidak dilakukan dengan teliti dapat menyebabkan kesalahan putaran baling-baling.
2. Kemungkinan terjadinya keruntuhan tanah setelah alat hand bor dicabut, sehingga pembacaan vane shear test yang didapat lebih kecil.
3. Penanganan sampel tidak sesegera mungkin dilaksanakan pengujian pada sampel, sehingga ada kemungkinan terjadi penguapan / pengurangan kadar air sehingga kondisi sampel lebih kering yang bisa menyebabkan nilai kuat geser menjadi meningkat.
4. Kurangnya kehati-hatian pada saat pengambilan dan penanganan sampel yang menyebabkan kondisi tanah pada uji di laboratorium berbeda dengan kondisi tanah di lapangan.
5. Kemampuan alat yang memiliki kalibrasi dan kapasitas berbeda kemungkinan menghasilkan hasil uji yang berbeda

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas bantuan dana hibah penelitian yang telah diberikan sehingga menghasilkan hasil penelitian yang dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Ardana, M. D. W. (2008). Korelasi Kekuatan Geser Undrained Tanah Lempung dari Uji Unconfined Compression dan Uji Laboratory Vane Shear. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(2), 117–131.

Ayadat, T. (2021). Determination of the Undrained Shear Strength of Sensitive Clay Using Some

- Laboratory Soil Data. *Studies in Engineering and Technology*, 8(1), 14.
<https://doi.org/10.11114/set.v8i1.5149>
- D'Ignazio, M., Phoon, K.-K., Tan, S. A., & Länsivaara, T. T. (2016). Correlations for undrained shear strength of Finnish soft clays. *Canadian Geotechnical Journal*, 53(10), 1628-1645.
- Fattah, M. Y., & Baqir, H. (2006). Field and Laboratory Evaluation of A Soft Clay Southern Iraq. *Proceedings of the 4th Jordanian Civil Engineering Conference, 28 - 30 March*, 0-14.
- Hardiyatmo, H. . (2019). *Mekanika tanah 1* (7th ed.). Gadjah Mada University Press.
- J. Schaeffers, & Weemees, I. (2012). Comparison of in-Situ Shear Strength Measurement Techniques of Soft Clays. *20th Vancouver Geotechnical Society Symposium*.
- Kouretzis, G., Pineda, J., Krabbenhöft, K., & Wilson, L. (2017). Interpretation of vane shear tests for geotechnical stability calculations. *Canadian Geotechnical Journal*, 54(12), 1775-1780.
<https://doi.org/10.1139/cgj-2017-0209>
- Makki, C. (2018). Pengaruh Kejenuhan Air Tanah Lempung Organik dengan Kuat Geser Tanah Menggunakan Alat Vane Shear dan Direct Shear Tanah Organik adalah merupakan tanah yang mengandung banyak komponen organik , ketebalannya dari beberapa meter hingga puluhan meter di bawah. *Jurnal Unila*, 6(1).