

Korelasi Kuat Tekan Bebas (UCT) Dengan Kuat Geser Langsung (Direct Shear Test) Pada Tanah Lempung

Chrznawati Sari ^{*1}, Irwan Lie Keng Wong ^{*2}, Helen Adri Irene Sopacua ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia chrznawati027k@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia Irwanliekengwong@gmail.com ^{*2} dan sopacuahelen@gmail.com ^{*3}

Corresponding Author: chrznawati027k@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi kuat tekan dan kuat geser pada tanah lempung yang divariasi campuran *bottom ash*. Tanah yang diuji pada penelitian ini berasal dari Jalan Poros Malino-Makassar, RW 63 Paringgi, Kec. Tinggimoncong Kab. Gowa Sulawesi Selatan. Dalam pembangunan struktur diatas tanah lempung akan menimbulkan beberapa masalah, seperti nilai kuat tekan dan nilai kuat geser pada tanah tersebut. Agar mengetahui hasil untuk melihat perilaku struktur tanah ini maka dilakukan pencampuran *bottom ash* dengan variasi campuran yang berbeda. Untuk mengetahui hasil korelasi pada nilai kuat tekan dan kuat geser dengan cara paduan variasi *bottom ash* sebesar 0%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Pengujian dilakukan secara mekanik yaitu pengujian kuat geser langsung dan kuat tekan untuk mengetahui korelasi antara nilai tegangan (q_u) dan nilai geser langsung (C_u). Dari hasil pengujian kuat tekan bebas ini diperoleh nilai tegangan (q_u) tertinggi pada titik 1 diperoleh pada variasi 30% sebesar 0.279 (kg/cm^2) dan pengujian kuat geser langsung diperoleh nilai geser langsung (C_u) tertinggi pada titik 1 diperoleh pada variasi 30% sebesar 0.111 (kg/cm^2), pada titik 2 nilai tegangan (q_u) terbesar pada variasi 30% sebesar 0.262 (kg/cm^2) dan nilai geser langsung (C_u) terbesar pada variasi 30% sebesar 0.103 (kg/cm^2). Maka dapat dikatakan bahwa nilai dari pengujian kuat tekan bebas dan nilai kuat geser langsung saling berkorelasi dikarenakan sama-sama mengalami kenaikan, semakin tinggi dosis *bottom ash* maka semakin tinggi nilai geser langsung (C_u) dan nilai tegangan (q_u).

Kata kunci: Tanah Lempung, *Bottom Ash*, Kuat Tekan Bebas, Kuat Geser Langsung

Abstract

This study aims to determine the correlation of compressive strength and shear strength in clay varied with bottom ash mixture. The soil tested in this study came from Jl. Poros Malino-Makassar, RW 63 Paringgi, Kec. Tinggi moncong, Kab. Gowa, South Sulawesi. In the construction of structure on clay soil will cause several problems, such as the small value of the compressive strength and shear strength of the soil. In order to know the results. To see the behavior of this structure, bottom ash is mixed with bottom ash mixture variations. To find out the effect of combining clay soil with bottom ash on compressive strength and shear strength values, it was done by combining bottom ash of 0%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The test was carried out mechanically, namely direct shear strength and compressive strength testing to determine the correlation between the stress value (q_u) and the direct shear value (C_u). From the results of this independent compressive strength test, the highest stress value (q_u) was obtained at point 1 obtained at 30% variation of 0.278 (kg/cm^2) and the direct shear strength test obtained the highest direct shear value (C_u) at point 1 obtained at 30% variation of

0.111 (kg/cm²), at poin the 2 largest stress values (qu) are at 30% variation of 0.262 (kg/cm²) and the largest direct shear values (Cu) are at 30% variation of 0.103 (kg/cm²) . So it can be said that the value of the independent compressive strength test and the direct shear strength value are correlated with each other because both have increased, the higher the bottom ash dose, the higher the direct shear value (Cu) and the stress value (qu).

Keywords: *Clay, Bottom Ash, Free Compressive Strength, Direct Shear Strength.*

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan dan pekerjaan suatu konstruksi bangunan tanah peran tanah sangat mempengaruhi pada konstruksi. Tanah bermanfaat sebagai penopang beban akibat konstruksi di atasnya yang dapat memikul beban bangunan. [1] Tanah lempung memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi akan tetapi kondisi pengaliran air rendah, tanah lempung saat basah memiliki kandungan air yang besar volume besar karena pengembangan dan tanah menjadi lunak. Tanah lempung jenis tanah daya dukung rendah pengaruh air sangat terhadap perilaku fisik (warna, bentuk, ukuran dan bau pada tanah). [2]

Tanah lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesif yang sangat kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil yaitu kuat geser rendah dan kompresibilitasnya yang besar (beban sementara atau beban tetap). [3] Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat tekan bebas merupakan seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butir-butirnya. [4] Kuat geser langsung (*Direct Shear Test*) adalah percobaan untuk memperoleh besarnya tahanan geser tanah pada tegangan normal tertentu, tujuannya adalah untuk mendapatkan kuat geser tanah, kemampuan tanah dalam tegangan yang mengakibatkan pergeseran pada tanah dipengaruhi banyak faktor [5] Perubahan sebuah variabel disebabkan atau perubahan ini dapat juga diikuti perubahan variabel lain, dalam penelitian ini dapat dibentuk hubungan perubahan antara kuat tekan dan kuat geser tanah lempung yang disubstitusikan dengan *bottom ash*. [6]

Preloading dalam waktu 1 hari mengakibatkan penurunan berlebih pada beban-beban besar, karena daya dukung tanah terlampaui. [7]. Hasil penelitian uji kuat geser langsung yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri menggunakan mesin Direct Shear Test diperoleh nilai kohesi sebesar 0,224 kPa dan nilai sudut geser dalam sebesar 3,783°, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah di wilayah Universitas Kadiri ini rawan terjadi kelongsoran dan perlu dilakukan upaya stabilisasi tanah apabila difungsikan sebagai dasar perletakan suatu konstruksi. [8] Tanah lempung berpasir memiliki keunggulan seperti mudah menyerap air, memiliki permeabilitas yang cukup efektif. Selain itu tanah lempung memiliki kekurangan seperti tanahnya jika dibentuk mudah pecah, di dalamnya memiliki nutrisi yang rendah, kurang cocok untuk bercocok tanam [9] . Terjadinya peningkatan nilai parameter kuat geser tanah pasir yang di stabilisasi dengan semen PCC dan tras. Nilai kuat geser tertinggi terdapat pada campuran pasir yang distabilisasi dengan campuran semen PCC. [10].

METODOLOGI

1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Dan Bahan Tambah

Lokasi pengambilan sampel tanah di Jalan Poros Malino-Makassar, RW 63 Paringgi. Kec. Tinggimoncong Kab. Gowa Sulawesi Selatan, tanah yang diambil pada dua titik yang berbeda dengan jarak ± 5 meter antar titik, dan untuk kedalaman masing-masing titik ± 50 cm dari permukaan tanah. Bahan tambah yang digunakan yaitu abu limbah kulit batu bara *bottom ash* yang diambil di PT. Makassar Tene, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pengujian *UCT* Dan *Direct shear Test* di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah



Gambar 2. Lokasi pengambilan bahan tambah

2. Pengambilan Bahan Tambah

Bahan tambah *bottom ash* diambil pada PT.Makassar Tene, *bottom ash* tersebut telah tersedia pada penampungan khusus *bottom ash* dimana telah terpisah dari *fly ash* dan bahan lainnya. Dalam proses pengambilan pekerja maupun tamu wajib menggunakan APD seperti pelindung kepala, dan masker.



Gambar 3. Pengambilan bahan tambah *bottom ash*

3. Persiapan Bahan Tambah

Bottom ash dikeringkan hingga tidak lembab, kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan saringan No.80.

4. Persiapan Sampel Tanah

Sampel tanah yang telah di ambil pada lokasi Jalan Poros Malino-Makassar, RW 63 Paringgi. Kec. Tinggimoncong Kab. Gowa Sulawesi Selatan, dikeringkan dengan cara penjemuran.



Gambar 4. Penjemuran sampel tanah

5. Pengujian Karakteristik

Pemeriksaan karakteristik tanah dilakukan pengujian dengan dua sampel tanah yang diambil dari Jl. Poros Malino-Makassar, RW 63 Paringgi Kec.Tinggi Moncong, Kab. Gowa Sulawesi Selatan.

6. Pengujian Sampel

Pengujian Kuat Tekan Bebas *Unconfined Compression Test (UCT)* dan Kuat Geser Langsung *Direct Shear Test* dilakukan dengan menggunakan tanah tak terganggu yang dicampurkan dengan menggunakan *bottom ash*. Penambahan abu terbang yaitu *bottom ash* dilakukan dengan variasi 0%, 15%, 20%, 25%, 30%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

a. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Nilai rata-rata *Liquid Limit* yaitu 35,52, nilai rata-rata *plastic limit* yaitu 21,39, nilai rata-rata *Shrinkage Limit* adalah 15,79 dan nilai rata-rata *plasticity index* adalah 14,12. Maka dari nilai Indeks Platisitas masuk pada interval 10-35% yaitu sebagai plastisitas rendah, lanau anorganik, dan organik, lempung berlanau, pasir halus atau lempung.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	Pemeriksaan		Nilai
1	Kadar air	(w) %	36,141
2	Berat Jenis	(Gs)	2,60
3	Batas- batas Atterbeg	Batas Cair (Liquid Limit), %	34,30
		Batas Plastis (Plastic Limit), %	20,16
		Batas susut (<i>Shrinkage Limit</i>), %	16,54
		Indeks Platisitas (<i>Plasticity Index</i>), %	14,14
4	Hidrometer	Persen Lolos Saringan No.200 %	78,42
		Kerikil G%	0,00
		Pasir S%	21,58
		Lanau M%	56,83
		Lempung C%	21,58

b. Hasil Pengujian Direct Shear Test

Hasil pengujian kohesi yang dihasilkan pada pencampuran *bottom ash* mengalami kenaikan dan kenaikan paling tertinggi terdapat pada variasi 30% sebesar 0,55.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Bottom Ash* dan Kohesi Titik 1 dan Titik 2

Variasi <i>Bottom Ash</i> (%)	Kohesi (c) Titik 1	Kohesi (c) Titik 2
0	0.019	0.027
15	0.025	0.034
20	0.030	0.042
25	0.038	0.050
30	0.044	0.055



Gambar 5. Hubungan kohesi (C) pada kedua titik

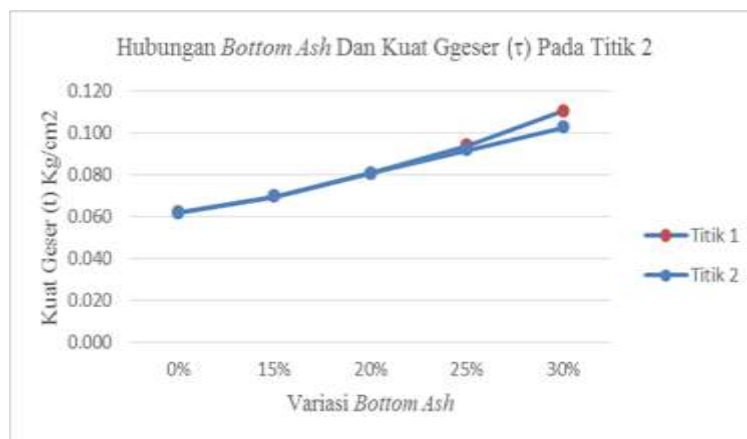
Dapat dilihat bahwa pencampuran tanah dengan *bottom ash* terjadi peningkatan kohesi pada sampel tanah titik 1 dan sampel tanah titik 2. Peningkatan yang didapatkan pada titik 1 yaitu tanah asli 0% sebesar 0,019 kg/cm², pada variasi 15 % sebesar 0,025% kg/cm², variasi 20%

sebesar 0,030 kg/cm², variasi 25% sebesar 0,038 kg/cm², variasi 30% sebesar 0,044 kg/cm², dengan peningkatan variasi pada titik 1, kohesi mengalami peningkatan sehingga penambahan *bottom ash* pada sampel tanah. pada sampel tanah titik 2 juga mengalami peningkatan kohesi pada tanah asli 0% sebesar 0,027 kg/cm², pada penambahan *bottom ash* 15% mengalami peningkatan 20% mengalami peningkatan kohesi sebesar 0,042 kg/cm², mengalami peningkatan kohesi penambahan *bottom ash* 25% mengalami kenaikan sebesar 0,050 kg/cm², variasi 30% sebesar 0,055 kg/cm². Terlihat bahwa peningkatan kohesi pada titik 1 dan titik 2 di gravik 3 berberda dimana garis linear sampel 2 tanah titik 2 berada diatas garis linear sampel titik 1, hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kohesi yang berada pada sampel 2 lebih baik dibandingkan sampel tanah titik 2.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Bottom Ash* dan Kuat Geser (τ) Titik 1 dan Titik 2

Variasi <i>Bottom Ash</i> (%)	Kuat Geser (Kg/cm ²)	
	Titik 1	Titik 2
0	0,062	0,062
15	0,070	0,070
20	0,079	0,081
25	0,094	0,092
30	0,111	0,103

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai dari kuat geser (τ) mengalami peningkatan dimana pada setiap variasi mengalami peningktan, pada variasi 0% pda titik 1 sebesar 0.062, dan pda titik 2 0.062, dan kuat geser tertinggi diperoleh pada variasi 30% dimana nilai kuat geser titik 1 sebesar 0.111 kg/cm², dan kuat geser titik 2 sebesar 0.103 kg/cm².



Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Geser (τ) Pada Kedua Titik

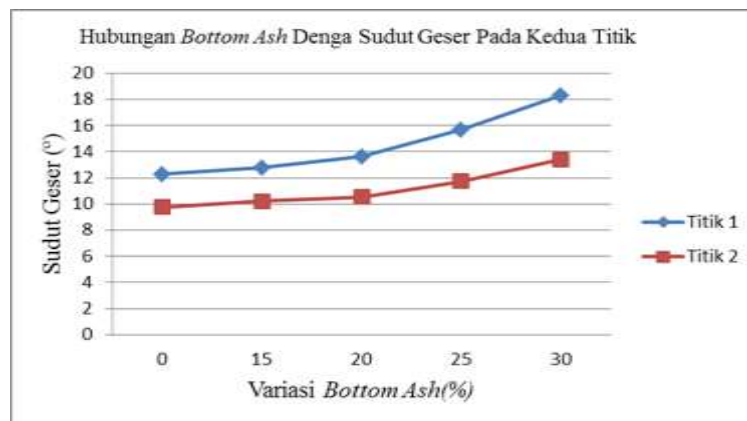
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa kuat geser (τ) yang diperoleh secara grafik bahwa semakin bertambahnya variasi *bottom ash* maka nilai kuat geser yang diperoleh mengalami kenaikan. Dari grafik diperoleh bahwa titik 1 memiliki kuat geser lebih besar dibandingkan titik 2, pada titik 1 variasi 0% *bottom ash* diperoleh nilai sebesar 0,063 dan pada variasi 30% *bottom ash* sebesar 0,111 kg/cm², sedangkan pada titik 2 variasi 0% nilai kuat geser yang dihasilkan 0,062% untuk variasi 30% meningkat yaitu nilai kuat geser sebesar 0,103 kg/cm².

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Bottom Ash* dan Sudut Geser (ϕ) Titik 1 dan Titik 2

Variasi <i>Bottom Ash</i> (%)	Sudut Geser (ϕ)	
	Titik 1	Titik 2

0	12,27	9,77
15	12,77	10,22
20	13,61	10,52
25	15,68	11,73
30	18,29	13,41

Sudut geser pada titik 1 dan titik 2 yang dihasilkan pada pencampuran *bottom ash* mengalami kenaikan dan kenaikan dan kenaikan paling tertinggi terdapat pada variasi 30%. Untuk itu variasi *bottom ash*, pada variasi 0% titik 1 sebesar 12,27 pada titik 2 sebesar 9,77 dan pada variasi tertinggi titik 1 sebesar 18,29, titik 2 sebesar 13,41.



Gambar 7. Grafik Hubungan Sudut Geser (ϕ) Pada Kedua Titik

Pengujian *direct shear* pada penambahan *bottom ash* kedua sampel tanah mengalami kenaikan dapat dilihat pada grafik bahwa sampel tanah yang dicampurkan *bottom ash* mengalami peningkatan sudut geser pada titik 1 0% sebesar 12,78°, pada penambahan tertinggi 30% sebesar 18,29°. Begitupun pada sudut geser pada titik 2 mengalami kenaikan pada setiap penambahan *bottom ash* pada variasi 0% sebesar 9,77° dan pada variasi 30% sebesar 13,41.

c. Hasil Pengujian UCT (*Unconfined Compression Test*)

Dari hasil pengujian *Unconfined Compression Test* (UCT) diperoleh nilai kuat tekan bebas (q_u), maka dari tabel diperoleh bahwa setiap penambahan *bottom ash* mengalami kenaikan. Pada titik 1 variasi 0% sebesar 0,084 kg/cm² dan pada variasi tertinggi yaitu 30% yaitu sebesar 0,262 kg/cm². Pada titik 2 variasi 0% sebesar 0,084 dan variasi 30% sebesar 0,262%.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pengujian Kuat Tekan Bebas Titik 1 dan Titik 2

Variasi <i>Bottom Ash</i> (%)	Kuat Tekan Bebas (q_u) (Kg/cm ²) Titik 1	Kuat Tekan Bebas (q_u) (Kg/cm ²) Titik 2
0	0,084	0,084
15	0,096	0,139
20	0,151	0,169
25	0,227	0,206
30	0,279	0,262



Grafik 8. Hubungan *bottom ash* kuat tekan bebas (q_u) pada kedua titik

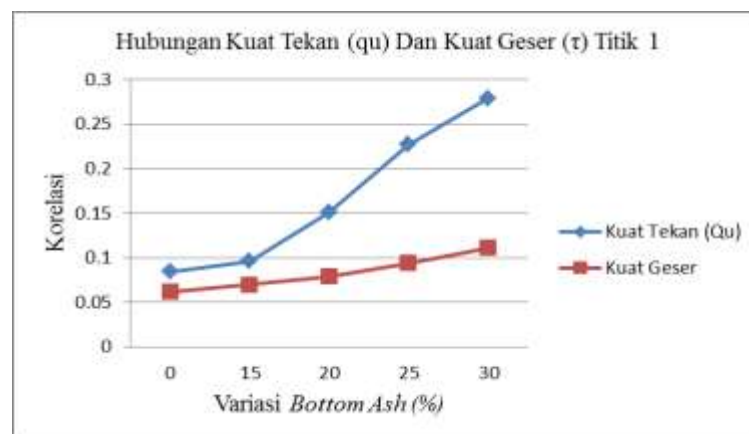
Setiap penambahan variasi mengalami kenaikan pada titik 1 dan titik 2 variasi 0% memiliki nilai kuat tekan yang sama perubahan variasi 15 % hingga 30% memiliki nilai yang berbeda tetapi nilai yang diperoleh tetap mengalami kenaikan, pada titik 1 variasi 30% sebesar 0,279 dan titik 2 sebesar 0,262.

d. Korelasi Kuat Tekan Bebas Dengan Kuat Geser Langsung

Kuat tekan bebas dan kuat geser langsung pada campuran *bottom ash* mengalami kenaikan dimana nilai kuat tekan bebas bahwa pada variasi 30% dengan nilai kuat tekan bebas sebesar (q_u) 0,279 kg/cm², dan pada kuat geser (τ) nilai tertinggi yaitu 30% dengan nilai 0,111 kg/cm². Maka dapat dikatakan nilai kuat tekan bebas dan kuat geser saling berhubungan dikarenakan garis linear pada grafik sama-sama mengalami kenaikan.

Tabel 6. Hubungan Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) Dan Kuat Guser (τ) Titik 1

Variasi (%) <i>Bottom Ash</i>	Uji Kuat Tekan Bebas q_u (kg/cm²)	Uji Kuat Geser	
		Kuat Geser(τ) (kg/cm²)	Sudut Geser (°)
0	0,084	0,062	12,27
15	0,096	0,070	12,88
20	0,151	0,079	13,31
25	0,227	0,094	15,68
30	0,279	0,111	18,29

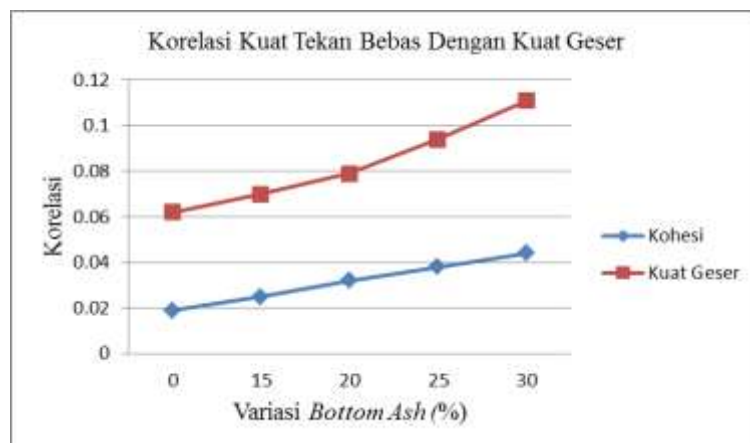


Gambar 9. Hubungan nilai tegangan (q_u) dan kuat geser (τ) titik 1

Tabel 7. Hubungan Kohesi Dan Kuat Geser Pada Titik 1

Variasi (%) <i>Bottom Ash</i>	Kuat Tekan Bebas (UCT)	Kuat Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>)	
	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser (ϕ °)	Kuat Geser (τ) (kg/cm ²)
0	0,019	12,27	0,062
15	0,025	12,77	0,070
20	0,032	13,60	0,079
25	0,038	15,67	0,094
30	0,044	18,29	0,111

Dari tabel diatas nilai kohesi pada titik 1 mengalami kenaikan dan pada nilai kuat geser mengalami kenaikan setiap meningkatnya variasi *bottom ash*, pada variasi 0% memiliki nilai 0,019 dan pada variasi tertinggi 30% yaitu 0,444 kg/cm² dan nilai kuat geser pada variasi 0% memiliki nilai 0.062 kg/cm² dan variasi 30% sebesar 30,111.



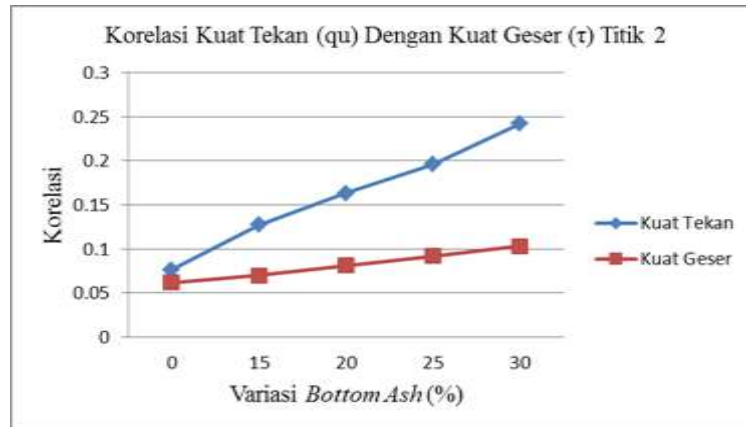
Gambar 10. Hubungan nilai tegangan (qu) dan kuat geser (τ) titik 1

Setiap penambahan *bottom ash* maka diperoleh nilai kohesi dan kuat geser mengalami kenaikan, dari garis lenear ini dapat dikatan bahwa nilai kohesi dari kuat tekan dan nilai kuat geser mengalami kenaikan yaitu saling berkorelasi.

Tabel 8. Hubungan Nilai Tegangan (qu) Dan Kuat Geser (τ) Titik 2

Variasi (%) <i>Bottom Ash</i>	Uji Kuat Tekan Bebas qu tegangan (kg/cm ²)	Uji Kuat Geser	
		Kuat geser τ (kg/cm ²)	Sudut Geser (ϕ °)
0	0,076	0,062	9,76
15	0,127	0,070	10,22
20	0,163	0,081	11,21
25	0,196	0,092	11,73
30	0,242	0,103	13,41

Dari tabel dilihat bahwa hubungan nilai tegangan (qu) dan kuat geser (τ) pada titik 2 saling berhubungan dimana nilai setiap tinggi variasi yang diperoleh maka semakin tinggi nilai tegangan dan kuat gesernya.



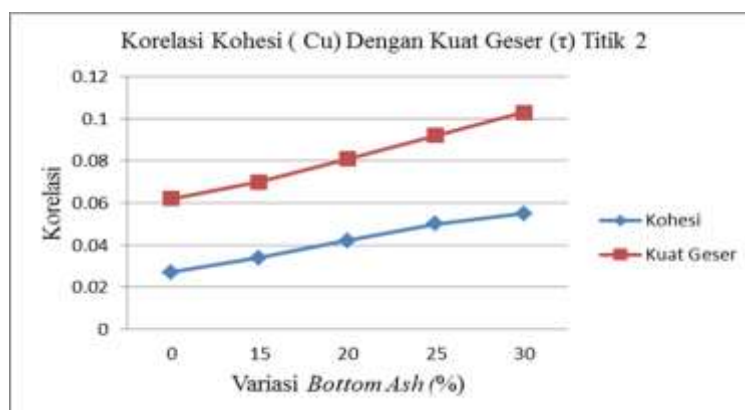
Gambar 11. Korelasi kuat tekan bebas (qu) dengan kuat geser (τ) titik 2

Dari pengujian dan olah data maka diperoleh grafik garis linear, pada garis linear dapat dikatakan saling berhubungan dimana dapat di lihat bahwa kedua garis saling mengalami kenaikan, pada variasi 0% hingga variasi tertinggi yaitu 30% mengalami kenaikan.

Tabel 9. Korelasi Kohesi Dan Kuat Geser (τ) Titik 2

Variasi (%) Bottom Ash	Kuat Tekan Bebas (UCT)		Kuat Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>)	
	Kohesi (kg/cm^2)	Sudut Geser (ϕ) (°)	Kuat Geser (τ) (kg/cm^2)	
0	0,027	9,76	0,062	
15	0,034	10,22	0,070	
20	0,042	11,21	0,081	
25	0,050	11,73	0,092	
30	0,055	13,41	0,103	

Nilai kohesi dari pegujian kuat tekan bebas mengalami kenaikan di setiap variasi dan nilai kuat geser dari pengujian kuat geser langsung mengalami kenaikan di setiap penambahan variasi *bottom ash*, dari data yang dihasilkan diperoleh grafik sebagai berikut.



Gambar 12. Korelasi kohesi (Cu) dengan kuat geser (τ) Titik 2

Kuat tekan bebas dan kuat geser pada setiap variasi *bottom ash* sama-sama mengalami kenaikan dimana nilai kohesi tertinggi terdapat pada variasi 30% dan untuk nilai kuat geser pada variasi 30% mengalami kenaikan. Maka dari itu data yang diperoleh dapat dikatakan saling berhubungan karena nilai yang dihasilkan dari garis linear saling mengalami kenaikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian sifat-sifat fisik tanah yang berasal dari jl. Poros Malino-Makassar Rw.63 Kecamatan Tinggimoncong Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan menurut *Unified Soil Classification System* masuk kedalam jenis tanah lempung organik symbol (*clay low*) dengan plastisitas rendah hingga sedang. Pengaruh *bottom ash* pada pengujian *direct shear* dan Kuat tekan bebas (UCT) di setiap penambahan variasi mengalami peningkatan hingga 30%. Dari hasil pengujian Kuat tekan bebas dan Kuat geser Langsung, dimana nilai Tegangan (q_u) dan nilai kuat geser langsung (C_u) mengalami kenaikan di setiap variasinya, maka dapat dikatakan dapat dikorelasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. T. Wolor, I. L. K. Wong, dan H. A. I. Sopacua, Analisis Nilai Kadar Air Optimum Dan Kepadatan Kering Pada Tanah Lempung Dengan Penambahan Abu Cangkang Kemiri. *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 4, no.2, hlm. 218-224, 2022.
- [2] I. A. N. S. Amaral, I. L. K. Wong, dan H. A. I. Sopacua, Pengaruh Penambahan Pasir Pantai Pada Tanah Dengan Uji *Dynamic Cone Penetrometer*. *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no.4, hlm. 252-262, 2020.
- [3] J. G. Pang'aran, I. L. K. Wong, dan I. Apriyani. Pengaruh Penambahan Bubuk Gypsum pada Tanah Lempung dengan Pengujian *Direct Shear*. *Paulus Civil Engineering Journal*. vol. 4, no.1, hlm. 53-60, 2022.
- [4] A. K. Lestin, I. Apriyani, dan Meti. Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Kopi Terhadap Kuat Geser pada Tanah. *Paulus Civil Engineering Journal*. vol. 4, no.3, hlm. 359-366, 2022.
- [5] B. Suzanna, I. L. K. Wong, dan M. D. M . Palinggi. Pengaruh Penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa Pada Tanah Lempung Terhadap Hasil Uji Kompaksi. *Paulus Civil Engineering Journal*. vol. 3, no.2, hlm. 276-285, 2021.
- [6] P. Sangle. Studi Eksperimen Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Terhadap Kohesi dan Sudut Geser Tanah Lempung. *Paulus Civil Engineering Journal*. vol. 3, no.2, hlm. 253-256, 2021.
- [7] A. Waruru, D. Endriani, dan R. D. Sisanti. Kajian Kuat Geser Tanah Gambut Akibat Preloading pada Skala Kecil Laboratorium. *J. Konstruksia*. vol. 13, no.1, hlm. 43-53, 2021.
- [8] K. Nisa, A. I. Chandra, dan A. Rivianto. Analisa Ketahanan Geser Tanah Lempung di Wilayah Universitas Kadiri dengan Uji Kuat Geser Langsung. *J. Riset Rekayasa Sipil*. vol. 6, no.1, 2021.
- [9] M. N. Al hasbi, A. I. Candra, M. A. F. Wibowo, dan R. Heru. Menentukan Tingkat Kelongsoran Tanah dengan Metode Kuat Geser Langsung. *Jurnal Spektran*. vol. 10, no.2, hlm. 64-69, 2022.
- [10] C. E. Kumolontang, S. Balamba, dan A. N. Sarajar. Analisis Campuran Semen dan Tras pada Tanah Pasir Terhadap Kuat Geser dengan Menggunakan Uji Geser Langsung. *Jurnal Tekno*. vol. 17, no.72, hlm. 27-33, 2019.