

ANALISIS PERUBAHAN KUAT GESER PADA TANAH LEMPUNG DAN PASIR AKIBAT PENAMBAHAN FLY ASH TIPE C

Lounardy Febrian¹, Alfred Jonathan Susilo², dan Andhika Putra Setiawan³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
lounardy.325200080@stu.untar.ac.id

²Program Studi Doktor Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
alfred@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
andhika.325200050@stu.untar.ac.id

Masuk: 26-06-2024, revisi: 15-07-2024, diterima untuk diterbitkan: 18-09-2024

ABSTRACT

The characteristics of the underlying soil greatly influence the stability of building foundations. Clay and sandy soils are commonly used in civil construction, each with drawbacks. This study aims to enhance the shear strength of clay and sandy soils by adding Type C fly ash. Clay soil samples were taken from Cengkareng, West Jakarta, fly ash from steam power plant Paiton, Central Java, and sandy soil from Garut, West Java. Testing included index properties, atterberg limits, grain size analysis, compaction, triaxial, and direct shear. The results indicate that adding Type C fly ash can significantly increase sandy soil's shear angle and cohesion. In contrast, adding fly ash in clay soil tends to reduce the shear angle but increase cohesion. Assuming an everyday stress of 10 kg/cm², the shear strength of sandy soil increased by 11,91 % with a 20% Type C fly ash mixture, whereas the shear strength of clay soil decreased by 43,00 % with a 20% Type C fly ash mixture. The conclusion from this study indicates that Type C fly ash is more effective when used in sandy soil to enhance shear strength, and further research is needed to determine the optimal fly ash content for various soil conditions.

Keywords: Type C fly ash; clay soil; sandy soil; shear strength

ABSTRAK

Stabilitas pondasi bangunan sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah di bawahnya. Dalam konstruksi sipil, tanah lempung dan pasir sering digunakan, namun keduanya memiliki kelemahan masing-masing. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat geser tanah lempung dan pasir melalui penambahan *fly ash* tipe C. Sampel tanah lempung diambil dari Cengkareng, Jakarta Barat, *fly ash* dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Paiton, Jawa Tengah, dan tanah pasir dari Garut, Jawa Barat. Pengujian meliputi *index properties*, *atterberg limit*, *grain size analysis*, kompaksi, *triaxial*, dan *direct shear*. Hasil menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* tipe C dapat meningkatkan sudut geser dan kohesi tanah pasir secara signifikan, sedangkan pada tanah lempung, penambahan *fly ash* cenderung mengurangi sudut geser namun meningkatkan kohesi. Dengan asumsi tegangan normal 10 kg/cm², kuat geser tanah pasir meningkat sebesar 11,91 % pada campuran *fly ash* tipe C 20%, sedangkan kuat geser tanah lempung menurun sebanyak 43,00 % pada campuran *fly ash* tipe C 20%. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa *fly ash* tipe C lebih efektif digunakan pada tanah pasir untuk meningkatkan kuat geser, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kadar *fly ash* yang optimal pada berbagai kondisi tanah.

Kata Kunci: *Fly ash* tipe C; tanah lempung; tanah pasir; kuat geser

1. PENDAHULUAN

Dalam membangun sebuah bangunan, kekuatan pondasi suatu bangunan bergantung pada kualitas tanah di bawahnya. Komposisi tanah, yang terdiri dari partikel-partikel kecil, sangat penting untuk menjamin stabilitas struktural dan ketahanan terhadap kekuatan eksternal seperti mendorong dan menarik (Panjaitan, 2017; Nurdian et al., 2015).

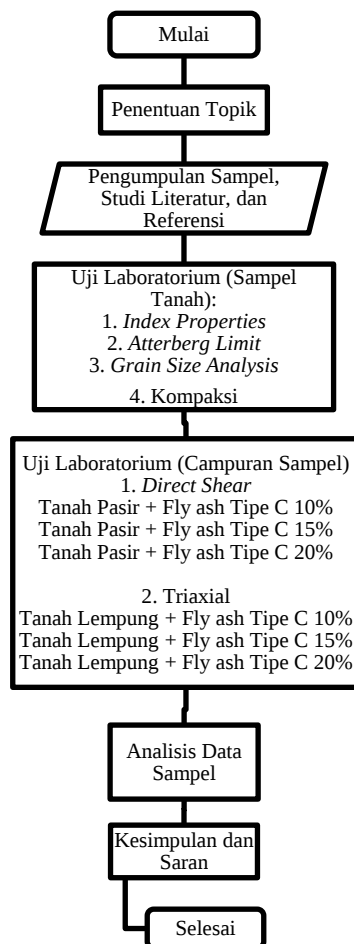
Dalam dunia konstruksi sipil, tanah lempung dan tanah pasir biasa digunakan. Tanah lempung, dengan butirannya yang halus dan kemampuannya untuk mengembang dan berkontraksi terhadap perubahan kadar air, memiliki kemampuan kohesi dan retensi air yang tinggi (Subradja et al., 2014). Sebaliknya, tanah berpasir, dengan butirannya yang kasar, cepat kering namun kurang kaku. Untuk meningkatkan stabilitas tanah, bahan tambahan seringkali diperlukan. (Melinda, 2023)

Fly ash merupakan produk sampingan dari pembakaran batu bara pada suhu tinggi, dapat meningkatkan kekuatan dan kohesi tanah liat dan pasir. Hal ini telah menjadi fokus studi dalam meningkatkan sifat mekanis tanah (Prabakar et al., 2004; Simatupang et al., 2020; Abdurrozak, 2017)

Penelitian ini menggunakan sampel tanah lempung dari Cengkareng, Jakarta Barat, *fly ash* dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Paiton, Jawa Tengah, dan tanah pasir dari Garut, Jawa Barat. Percobaan meliputi tes *index properties*, *grain size*, *atterberg limit*, *kompaksi*, *triaxial*, dan *direct shear* yang bertujuan untuk mendapatkan dan mengolah data guna meningkatkan stabilitas tanah dalam konstruksi. Adapun tujuan utama dalam penelitian ini ialah mengetahui perbandingan kuat geser tanah lempung dan pasir natural dengan tanah lempung dan pasir natural yang sudah ditambahkan *fly ash* tipe C.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan pemilihan topik yang difokuskan pada pengujian kuat geser tanah lempung dan pasir ketika ditambahkan *fly ash*. Literatur yang ada ditinjau untuk mendukung teori yang dipilih. Sampel tanah liat dan pasir dikumpulkan dan diuji di laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara. Berbagai pengujian dilakukan seperti *index properties*, *atterberg limit*, *grainsize analysis*, *triaxial*, dan *direct shear* untuk menilai karakteristik tanah dan kuat gesernya. Adapun penambahan *fly ash* tipe C pada saat pengujian *triaxial* dan *direct shear* pada campuran sampel sebanyak 10%, 15%, dan 20%. Data yang dikumpulkan dari pengujian ini dianalisis untuk mengetahui dampak penambahan *fly ash*. Hasil pengujian pada tanah lempung dan pasir alami dibandingkan dengan tanah lempung dan pasir yang dicampur *fly ash* untuk mengetahui kadar *fly ash* optimal yang dapat meningkatkan kuat geser tanah. Kesimpulan dan rekomendasi dibuat berdasarkan temuan analisis data, dengan diagram alir disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Index properties

Uji *index properties* digunakan di laboratorium untuk memastikan *spesifit gravity* (G_s) tanah, yang didefinisikan sebagai rasio berat jenis partikel tanah terhadap berat jenis air pada suhu 4°C. Nilai G_s yang lebih rendah menunjukkan kepadatan partikel tanah yang lebih rendah, sedangkan nilai G_s yang lebih tinggi menunjukkan kepadatan partikel tanah yang lebih tinggi.

Tabel 1. Nilai G_s tanah lempung dan tanah pasir

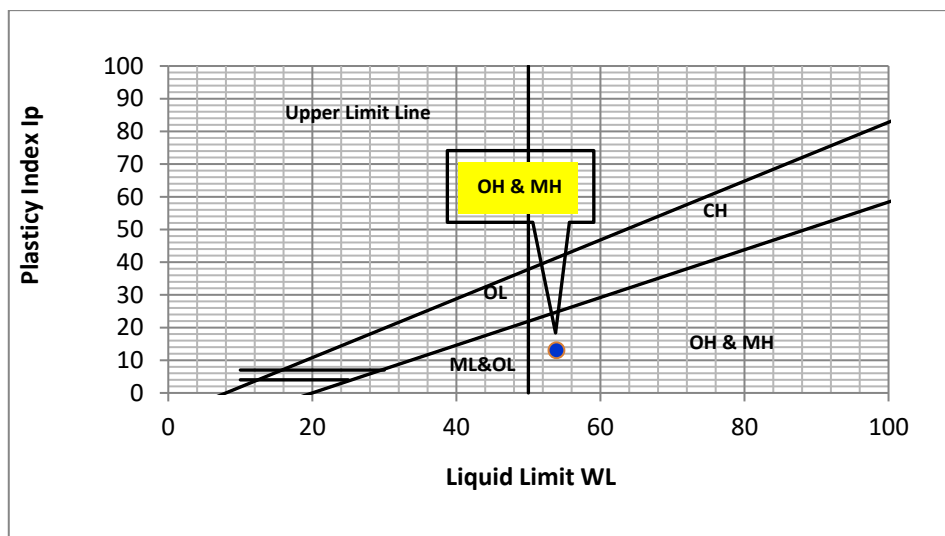
	Nilai G_s Tanah Lempung	Nilai G_s Tanah Pasir
Sampel 1	2,73	2,67
Sampel 2	2,74	2,65
Sampel 3	2,69	2,68
Gs Rata-rata	2,72	2,68

Atterberg limit

Pengujian *atterberg limit* menentukan batas cair (WL), batas plastis (WP), dan batas susut (WS) tanah berbutir halus. Pengujian ini mengungkap sifat fisis, plastis, dan sifat kemampatan tanah melalui perubahan volume, menghasilkan parameter LL, PL, dan *plasticity index* yang mendukung analisis sifat tanah seperti kembang susut dan kuat geser. Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian untuk *atterberg limit* tanah lempung.

Tabel 2. Nilai *atterberg limit* tanah lempung

Pengujian	Liquid Limit (LL)	Plastic Limit (PL)	Plasticity Index (PI)	Shrinkage Ratio
Sampel 1	53,9 %	40,872 %	13,027 %	1,579
Sampel 2	53,7 %	41,655 %	12,066 %	1,647
Sampel 3	52,4 %	39,946 %	12,480 %	1,677
Rata-rata	53.3 %	40.824 %	12.524 %	1.634



Gambar 2. Grafik klasifikasi tanah berdasarkan *cassgrande chart*

Grainsize analysis

Pengujian *grain size analysis* menentukan distribusi butiran tanah melalui *sieve analysis* dan *hydrometer*. Pengujian ini menghasilkan klasifikasi jenis tanah dan persentase butiran pasir, lanau, dan lempung. Tabel 3 menunjukkan *grainsize analysis* untuk tanah lempung dan tanah pasir.

Tabel 3. Nilai *grainsize analysis* tanah lempung dan pasir

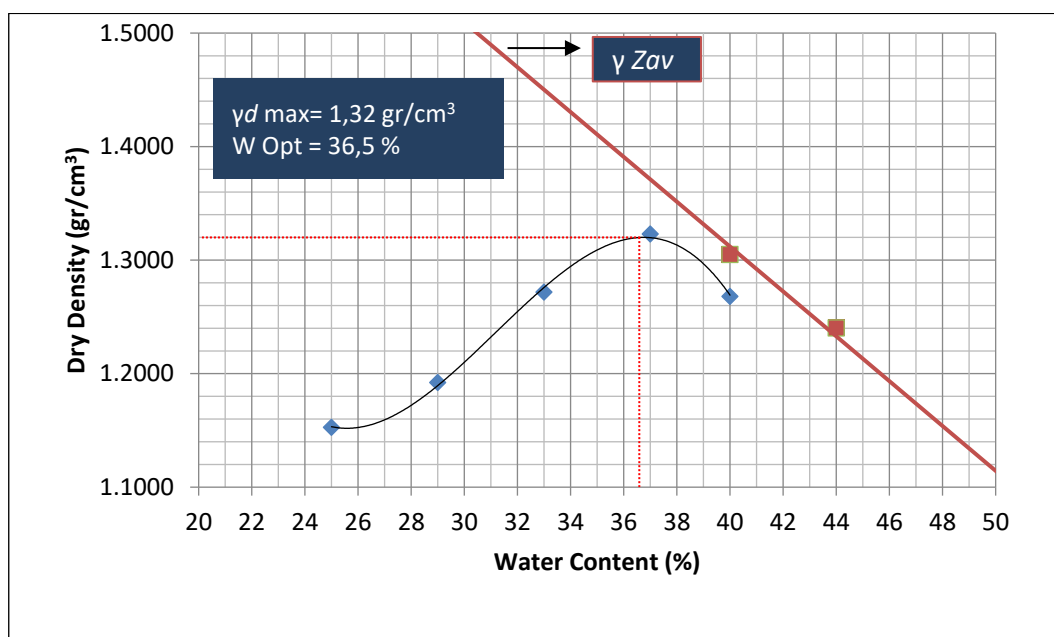
	Percentage (%)			
	Gravel	Sand	Silt	Clay
Sampel Tanah Lempung 1	7,14	15,28	74,09	3,49
Sampel Tanah Lempung 2	4,04	16,68	77,17	2,11
Sampel Tanah Lempung 3	1,99	15,74	76,94	5,44
Sampel Tanah Pasir 1	0	99,98	0,02	0
Sampel Tanah Pasir 2	0	99,96	0,04	0
Sampel Tanah Pasir 3	0	99,82	0,18	0

Kompaksi

Pengujian kepadatan tanah menentukan kepadatan kering maksimum dan kadar air optimal. Pengujian kompaksi berfokus untuk mengecilkan rongga tanah, menunjukkan korelasi antara kadar air dan berat volume. Ketika berat volume kering bertambah oleh beban dinamis, tanah merapat karena berkurangnya rongga. Tabel 4 dan Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian dari kompaksi.

Tabel 4 Nilai *water content* dan γ_{dry} (kompaksi)

	Water Content (%)	γ_{dry}
Uji pemadatan 1	25,0	1,152
Uji pemadatan 2	29,0	1,192
Uji pemadatan 3	33,0	1,271
Uji pemadatan 4	37,0	1,323
Uji pemadatan 5	40,0	1,268

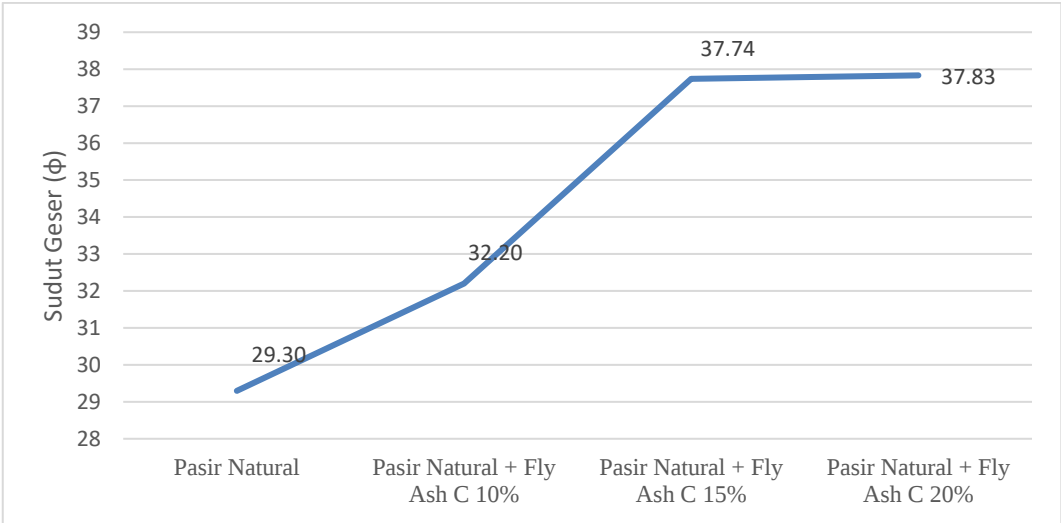


Gambar 3. Grafik kompaksi

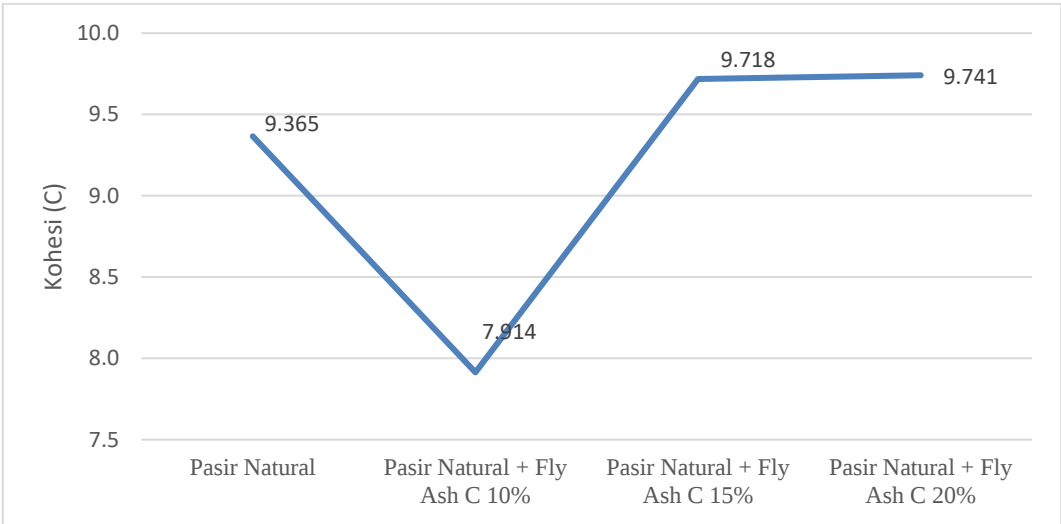
Direct shear

Pada pengujian *direct shear*, yang penting untuk ditentukan adalah nilai parameter kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) dari material tanah. Dua faktor ini merupakan indikator utama dalam mengevaluasi karakteristik kekuatan dan perilaku kuat geser tanah.

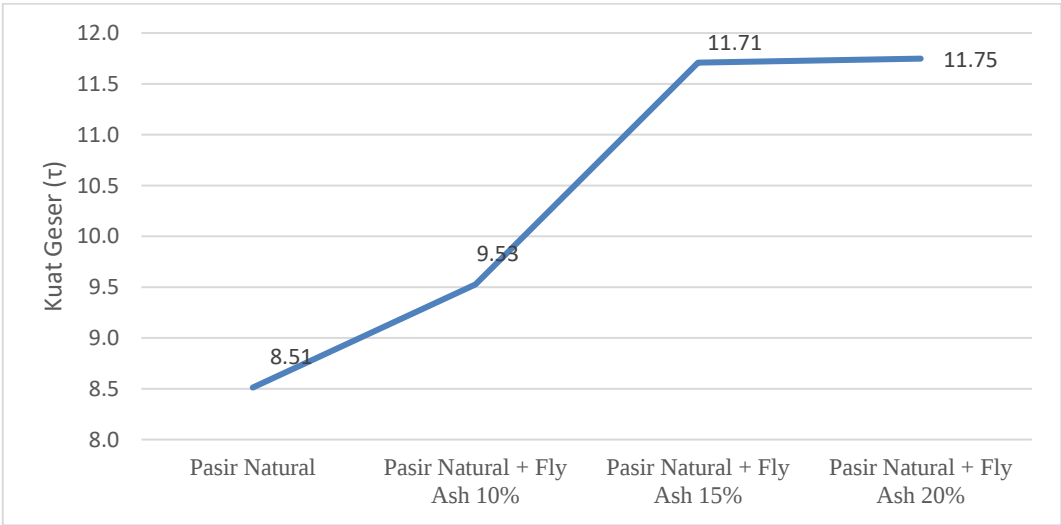
Pada Gambar 4-6, pengujian *direct shear* didapatkan *fly ash* tipe C dapat lebih optimal dalam meningkatkan sudut geser (ϕ), dan meningkatkan kohesi (C) sedikit pada campuran pasir. Selain itu pada perhitungan kuat geser dengan asumsi tegangan normal (σ) 10 kg/cm² didapatkan kenaikan kuat geser sebanyak 38,02% pada campuran pasir + *fly ash* tipe C 20% dari kuat geser tanpa *fly ash*. Selengkapnya untuk pengujian *Direct Shear* ada pada Tabel 5.



Gambar 3. Grafik sudut geser (ϕ) penambahan *fly ash* tipe C *direct shear*



Gambar 4. Grafik koheesi (C) penambahan *fly ash* tipe C



Gambar 5. Grafik kuat geser (τ) penambahan *fly ash* tipe C

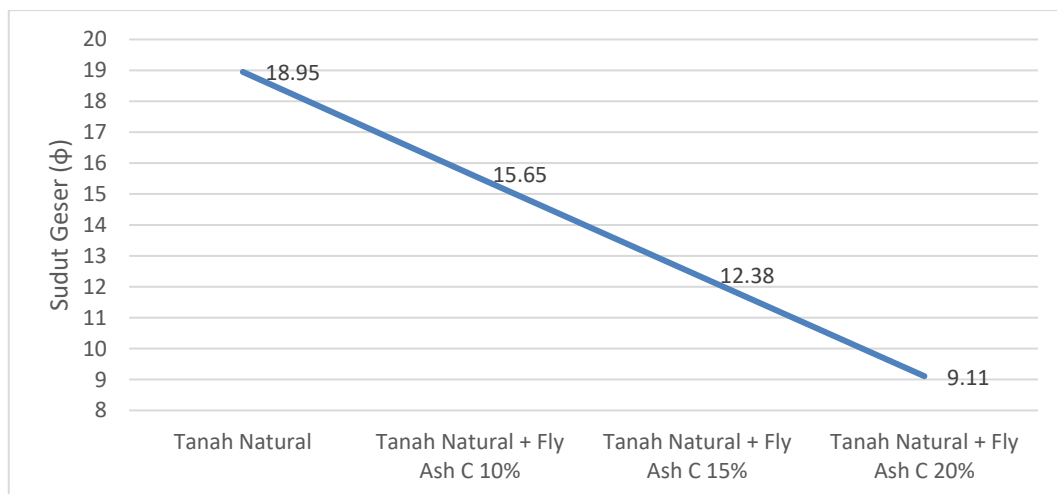
Tabel 5. Nilai sudut geser, kohesi, kuat geser, dan persentase kenaikan/penurunan kuat geser

Sampel	Sudut Geser (ϕ)	Kohesi (C) KN/m ²	Kuat Geser ($\tau = C + \sigma \cdot \text{tg}\phi$)	Persentase Kenaikan/ Penurunan dengan Sampel Natural (%)
Pasir Natural	29,30	9,365	8,51	-
Campuran Pasir + <i>Fly ash</i> Tipe C 10%	32,20	7,914	9,53	11,91
Campuran Pasir + <i>Fly ash</i> Tipe C 15%	37,74	9,718	11,71	37,56
Campuran Pasir + <i>Fly ash</i> Tipe C 20%	37,83	9,741	11,75	38,02

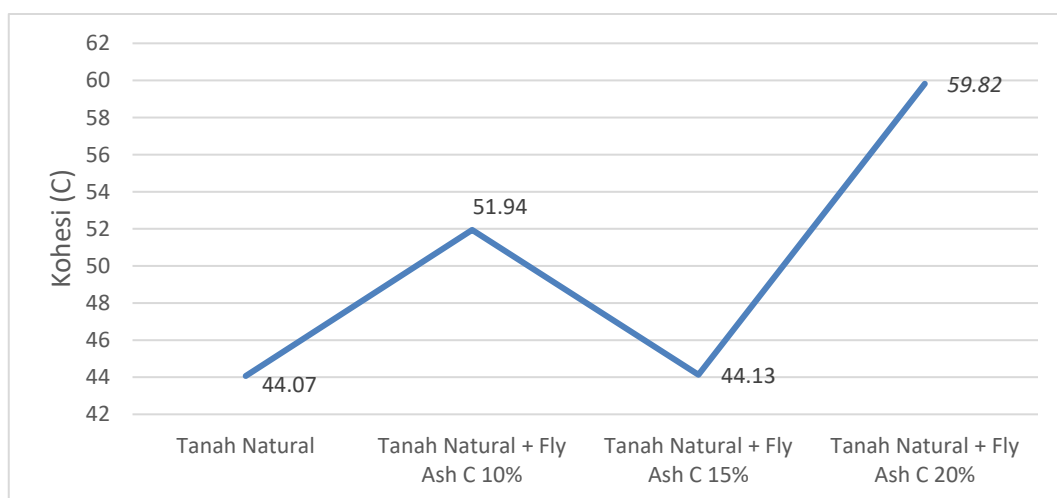
Triaxial

Triaxial adalah uji laboratorium yang digunakan untuk menentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) tanah. Informasi ini penting untuk menghitung kapasitas beban tanah, tegangan dalam tanah, dan kestabilan lereng. Untuk mengevaluasi kekuatan geser dan stabilitas tanah, penting untuk memiliki data tegangan lateral yang relevan.

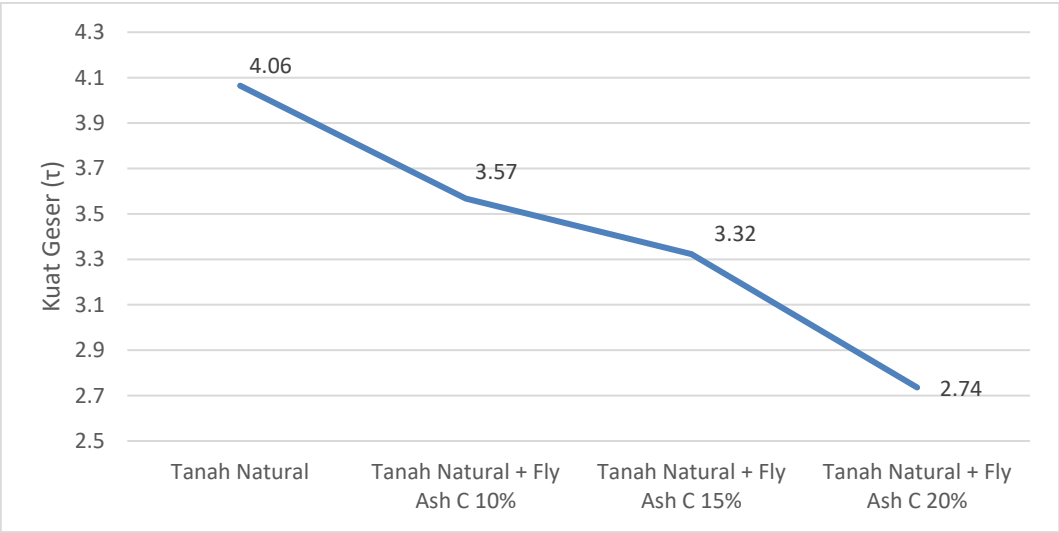
Pada Gambar 7-9, pengujian *triaxial* didapatkan *fly ash* tipe C dapat lebih optimal dalam mengurangi sudut geser, serta meningkatkan kohesi pada campuran tanah lempung. Serta dari perhitungan asumsi tegangan normal (σ) 10 kg/cm² didapatkan kuat geser dari campuran tanah lempung dan *fly ash* menurun sebanyak 14,20 % untuk kadar *fly ash* tipe C 10%, menurun 29,31 % untuk kadar *fly ash* tipe C 15 %, dan menurun sebanyak 43,0 % untuk kadar *fly ash* tipe C 20%. Untuk hasil dari pengujian *triaxial* terdapat pada Tabel 6.



Gambar 6. Grafik sudut geser (ϕ) penambahan *fly ash* tipe C



Gambar 7. Grafik kohesi (C) penambahan *fly ash* tipe C *triaxial*



Gambar 8. Kuat geser (τ) penambahan *fly ash* tipe C triaxial

Tabel 6. Nilai sudut geser, kohesi, kuat geser, dan persentase kenaikan/penurunan kuat geser

Sampel	Sudut Geser (ϕ)	Kohesi (C) KN/m ²	Kuat Geser ($\tau = C + \sigma \cdot \text{tg}\phi$)	Persentase Kenaikan/ Penurunan dengan Sampel Natural (%)
Tanah Lempung Natural	18,95	44,07	3,88	-
Campuran Tanah Lempung + Fly ash Tipe C 10%	15,65	51,94	3,33	-14,20
Campuran Tanah Lempung + Fly ash Tipe C 15%	12,38	44,13	2,74	-29,31
Campuran Tanah Lempung + Fly ash Tipe C 20%	9,11	59,82	2,21	-43,00

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Penambahan *fly ash* tipe C pada campuran tanah lempung dapat menurunkan kuat geser pada tanah lempung. Sedangkan campuran *fly ash* tipe C dengan tanah pasir cenderung meningkatkan kuat geser.
- *Fly ash* tipe C cenderung paling baik untuk meningkatkan sudut geser dan meningkatkan kohesi sedikit pada campuran dengan tanah pasir.
- *Fly ash* tipe C cenderung paling baik untuk mengurangi sudut geser dan meningkatkan kohesi pada Tanah lempung.
- Kadar optimum paling baik pada campuran *fly ash* tipe C untuk meningkatkan kuat geser ialah *fly ash* tipe C + pasir. Karena dapat meningkatkan kuat geser sebanyak 38,02% dari kuat geser tanpa *fly ash*.
- *Fly ash* tipe c cukup baik untuk meningkatkan kuat geser pada campuran tanah pasir, tetapi tidak pada tanah lempung

Saran

- Perlu dilakukan penelusuran kadar *fly ash* tipe C yang berbeda, guna menentukan kadar yang paling efektif dalam berbagai kondisi tanah lempung dan pasir.
- Pengujian sifat mekanik lain dari campuran pasir dan tanah lempung dengan *fly ash*. Misalnya kuat tekan, analisis daya dukung tanah, dan lainnya.
- Perlu dilakukan pengujian dengan sumber *fly ash*, tanah lempung, dan pasir dari tempat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrozak, M. R. (2017). Stabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah abu sekam padi dan kapur pada subgrade perkerasan jalan. *Teknisia*, 22(2), 416-424. <https://journal.uii.ac.id/teknisia/article/view/10295>
- Nurdian, S., Setyanto, S., & Afriani, L. (2015). Korelasi parameter kekuatan geser tanah dengan menggunakan uji triaksial dan uji geser langsung pada tanah lempung substitusi pasir. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Disain (JRSDD)*, 3(1), 13-25.
- Panjaitan, N. (2017). Pengaruh kapur terhadap kuat geser tanah lempung. *Jurnal Education Building*, 3(2), 1-7. <http://dx.doi.org/10.24114/eb.v3i2.8250>
- Prabakar, J., Dendorkar, N., & Morchhale, R. K. (2004). Influence of fly ash on strength behavior of typical soils. *Construction and Building Materials*, 18(4), 263-267. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2003.11.003>
- Simatupang, M., Mangalla, L. K., Muhaimin, L. O., Aldy, M., Aji, I. C., Jalbanirah, Jamin, M., Marteni, L. O. A., Rahmat, & Ardiansyah. (2021). The ultimate shear strength of the fly ash-improved sands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 871(1), 012061. DOI 10.1088/1755-1315/871/1/012061
- Subardja S., D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, Suryani, E., & Subandiono, R. E. (2014). *Klasifikasi tanah nasional*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.