

STUDI PERUBAHAN NILAI MODULUS ELASTISITAS PADA TANAH EKSPANSIF AKIBAT PENAMBAHAN ABU TERBANG

Go Bernard Christian Gosal^{1*} dan Gregorius Sandjaja Sentosa¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
^{*}*gobernard.325210008@stu.untar.ac.id*

Masuk: 02-07-2025, revisi: 13-07-2025, diterima untuk diterbitkan: 04-08-2025

ABSTRACT

Expansive soils expand when wet and shrink when dry, which can cause cracking and structural instability in construction. One method to increase the strength of expansive soil is by adding stabilization material such as fly ash. The soil used for this study was taken from the cikarang area and has been confirmed to have expansive properties through Atterberg research and the fly ash used is type c fly ash because it provides natural cementitious properties that increase soil strength and stability, Testing was carried out through the Unconfined Compression Test (UCT) method to measure the increase in the Elastic Modulus value of the soil. Fly ash was added in several percentage variations, namely 8 %, 10 %, and 12 % of the soil weight. This research shows that fly ash can increase the elastic modulus value of expansive soil, in the condition of adding fly ash as much as 12 % in 98 % wet water conditions, the elastic modulus value obtained is 29.63 while in Natural conditions in 98 % wet water conditions, the elastic modulus value obtained is 21.06 so that the addition of fly ash can support safer and more efficient construction planning.

Keywords: Expansive soil; Fly Ash; Unconfined Compression Test (UCT); Elastic Modulus.

ABSTRAK

Tanah ekspansif memiliki sifat mengembang saat basah dan menyusut saat kering, yang dapat menyebabkan retak serta ketidakstabilan struktur dalam konstruksi. Salah satu metode untuk meningkatkan kekuatan tanah ekspansif adalah dengan menambahkan material stabilisasi seperti abu terbang. Tanah yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari daerah cikarang dan sudah dipastikan memiliki sifat ekspansif melalui penelitian Atterberg dan Abu terbang yang digunakan adalah abu terbang tipe c karena memberikan sifat semen alami yang meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah, Pengujian dilakukan melalui metode Unconfined Compression Test (UCT) untuk mengukur peningkatan nilai Modulus Elastis tanah. Abu terbang ditambahkan dalam beberapa variasi persentase, yaitu 8 %, 10 %, dan 12 % dari berat tanah. Penelitian ini menunjukkan bahwa Abu Terbang dapat menaikkan nilai modulus elastis dari tanah ekspansif, pada kondisi penambahan Abu terbang sebanyak 12 % di kondisi air 98 % basah nilai modulus elastis yang didapat adalah 29,63 sedangkan pada kondisi Natural di kondisi air 98 % basah nilai modulus elastis yang didapat adalah 21,06 sehingga penambahan Abu Terbang dapat mendukung perencanaan konstruksi yang lebih aman dan efisien.

Kata kunci: Tanah ekspansif; Abu Terbang; Unconfined Compression Test (UCT); Modulus Elastis.

1. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif merupakan tanah yang sangat sensitif terhadap perubahan volume yang diakibatkan oleh kadar air dalam lapisan tanah, Perubahan *volume* yang tidak pasti ini dapat merusak kekuatan struktur bangunan yang akan ditempati oleh tanah tersebut. (Abel & Sentosa, 2024).

Tanah ekspansif yang terdapat di daerah sekitar Jakarta memiliki rentang indeks plastisitas antara 20 % hingga 70 % (Chen, 1988). jenis tanah ini biasanya memiliki nilai *liquid limit* dan *plastic limit* yang cukup tinggi, dengan indeks plastisitas yang umumnya berada di atas 30 %. Oleh karena itu, tanah ekspansif dapat dikenali melalui pengukuran indeks plastisitas dan tingkat aktivitas tanah (*activity*).

Fly ash adalah material sisa hasil pembakaran batu bara yang biasanya dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Meskipun awalnya dianggap sebagai limbah industri, penelitian telah menunjukkan bahwa *fly ash* memiliki potensi besar sebagai bahan tambahan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan teknik sipil.

Fly ash memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas tanah, termasuk dalam penanganan tanah ekspansif. Penambahan *fly ash* pada tanah dapat meningkatkan stabilitas struktur tanah, mengurangi plastisitas, dan menghambat perubahan *volume* akibat fluktuasi kadar air. (Bakti, Alihudien, & Abadi, 2025).

Jenis *Fly ash* yang akan digunakan adalah tipe C karena memiliki kandungan kalsium oksida (CaO) yang lebih tinggi dibandingkan tipe F. Kalsium oksida ini berperan dalam proses pozzolanic, yaitu reaksi kimia antara *fly ash* dan air yang menghasilkan senyawa pengikat tambahan dalam tanah (Golewski, 2022), sehingga meningkatkan kekuatan dan kekakuan tanah.

Berdasarkan teskompaksi *modified proctor* kadar *fly ash* yang optimum sebesar 5 % sampai dengan 10 %, Peningkatan kuat tekan yang terjadi untuk stabilisasi dengan *fly ash*, pada sisi basah sebesar 92 %, pada kondisi optimum sebesar 62 %. (Abadi, 1998).

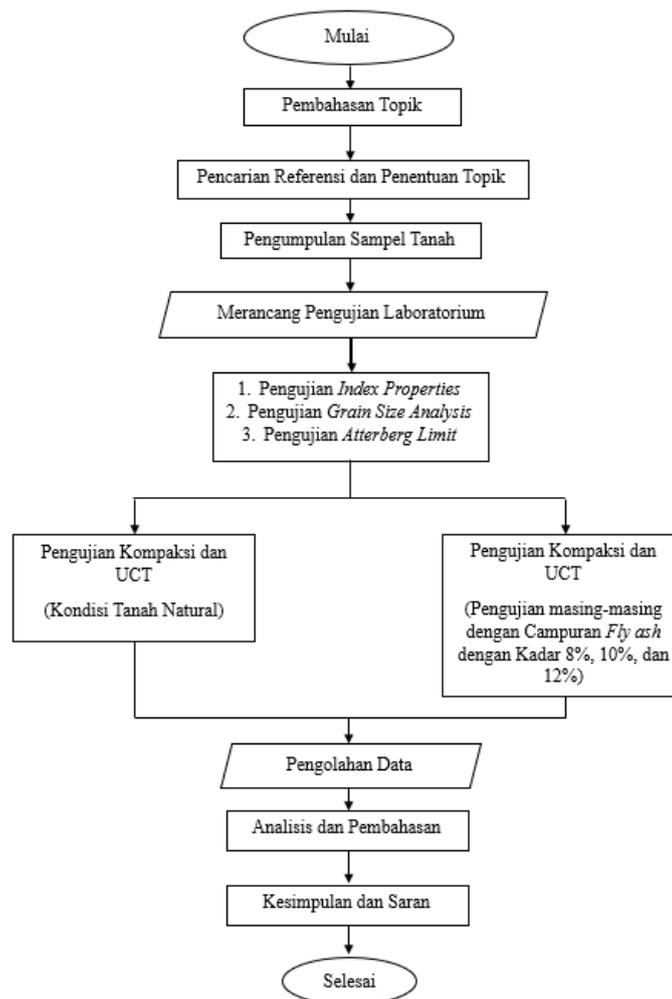
Liquid limit (LL) dan *plasticity index (PI)* tanah ekspansif yang dicampur dengan *fly ash* cenderung menurun sejalan dengan bertambahnya kandungan *fly ash*. Penambahan kadar dapat memperbaiki gradasi butiran tanah, yang ditunjukkan oleh adanya kecenderungan penurunan kadar air (WC) optimum untuk mencapai berat volume kering (γ_d) maksimum dan kenaikan kekuatan tanah. (Budi, et al. (2003), Budi, Cristanto, & Setiawan, (2004)).

Pada variasi campuran kapur 5 % dan *fly ash* 25 % dengan pemeraman 7 hari, terjadi penurunan nilai pengembangan tanah sebesar 69,34 %. (Hangge, Bella, & Ullu (2021), Hangge, Bella, & Manek (2022)).

Dari ketiga contoh penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa *fly ash* memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas tanah, termasuk dalam penanganan tanah ekspansif

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini Dimulai dengan melakukan pembahasan topik yang difokuskan kepada Menaikan Nilai Modulus Elastis pada tanah yang bersifat Ekspansif. Pengumpulan sampel tanah diambil di daerah cikarang, dikumpulkan dan diuji di Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara. Kemudian melakukan pengujian seperti *Index Properties*, *Grain Size Analysis*, *atterberg limit*, untuk menilai karakteristik tanah. Setelah itu melakukan Pengujian kompaksi untuk mendapatkan kadar air 98 % kering, Optimum, dan 98 % Basah, dan dilanjutkan dengan pengujian *UCT* berdasarkan *ASTM Standart D 2166-00 (American Society for Testing and Material 1988)*. untuk tanah *Natural* dan tanah dengan penambahan sampel Abu Terbang sebanyak 8 %, 10 %, 12 % di kondisi tanah dengan kadar air 98 % kering, Optimum, dan 98 % Basah, Data yang dikumpulkan dari Pengujian kemudian akan dianalisis untuk mengetahui dampak Abu Terbang terhadap tanah tersebut. Agar lebih jelas dapat dilihat gambar diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Index Properties

Uji *Index Properties* bertujuan untuk menentukan berbagai sifat tanah, termasuk nilai *Specific Gravity* (Gs). Selain itu, pengujian ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah. *Specific Gravity* sendiri berfungsi sebagai indikator kepadatan partikel tanah, di mana semakin tinggi nilainya, semakin padat partikel tanah tersebut. Sebaliknya, jika nilai *Specific Gravity* rendah, maka kepadatan partikel tanah juga akan lebih kecil. Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian index properties untuk mendapatkan nilai specific gravity.

Tabel 1. Nilai Gs Sampel Tanah

Pengujian	Nilai Gs
Sampel 1	2,66
Sampel 2	2,63
Sampel 3	2,60
Gs Rata-rata	2,63

Atterberg Limit

Atterberg Limit bertujuan untuk mengetahui nilai Batas cair (WL), Batas Plastis (WP), serta Batas Susut (WS) yang menjadi parameter untuk dapat mengetahui Klasifikasi Tanah bersifat Ekspansif atau tidak. Pada Tabel 2 menampilkan hasil dari pengujian Atterberg Limit pada tanah.

Tabel 2. Nilai Pengujian Atterberg

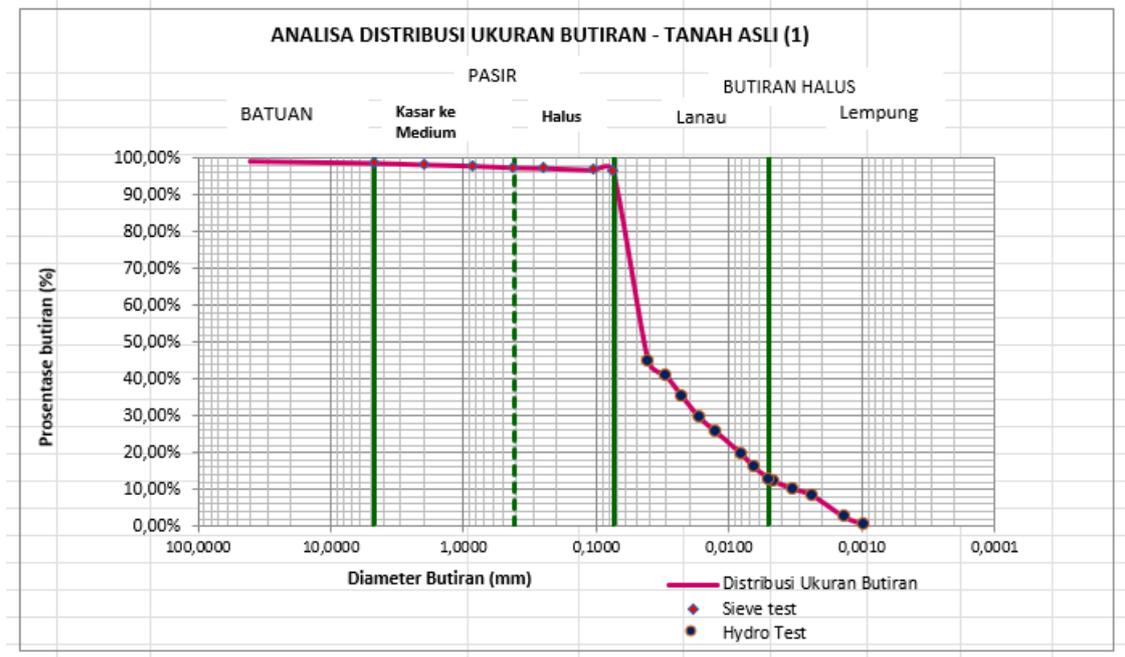
Pengujian	<i>Liquid Limit</i> (LL)	<i>Plastic Limit</i> (PL)	<i>Plasticity Index</i> (PI)	<i>Activity</i> (A)
Sampel 1	118,08	53,61	64,47	5,1
Sampel 2	125,31	61,58	63,73	5,36
Sampel 3	113,21	52,22	60,99	3,18
Rata-rata	118,87	55,80	63,06	

Grainsize Analysis

Grain Size Analysis dilakukan dengan dua metode utama yaitu *Sieve Analysis* dan *Hydrometer* (Das 1991) *Analysis* tujuan utama dari *Grain size* adalah untuk dapat mengklasifikasikan jenis tanah dan persentase butiran pasir, Lanau, dan Lempung. Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil dari pengujian grainsize analysis pada tanah dan pada Gambar 2 ditunjukkan hasil distribusi partikel Tanah

Tabel 3. Nilai pengujian Grainsize

Pengujian	<i>Percentage</i> (%)			
	<i>Gravel</i>	<i>Sand</i>	<i>Silt</i>	<i>Clay</i>
Sampel 1	1,28	2,48	84,14	12,64
Sampel 2	0,47	1,87	85,98	11,87
Sampel 3	0,87	3,38	77,03	18,20



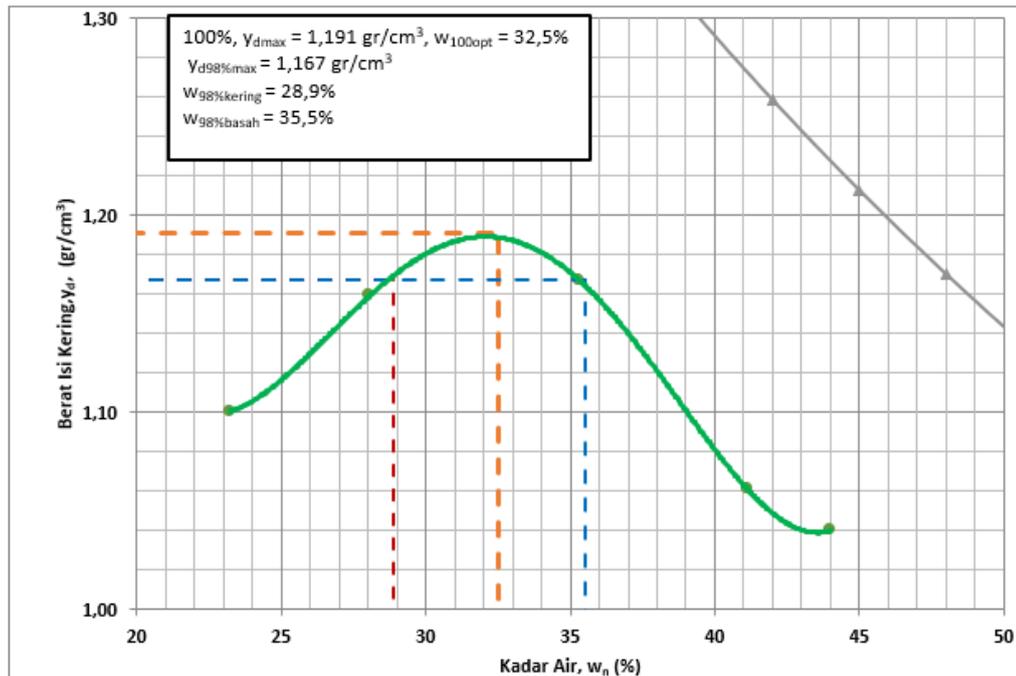
Gambar 2. Distribusi Partikel Tanah Sampel (1)

Compaction Test

Kompaksi merupakan proses pemadatan tanah yang dilakukan untuk meningkatkan kepadatannya dengan cara mengurangi volume udara tanpa mengubah kadar air. Proses ini menggunakan energi mekanis, seperti tumbukan atau getaran, sehingga partikel tanah saling merapat. Kompaksi sangat penting dalam bidang konstruksi karena dapat meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi kemampuan tanah menyerap air, serta meningkatkan stabilitasnya agar tidak mengalami penurunan (*settlement*) yang dapat merusak struktur bangunan di atasnya. Pada Tabel 4 ditunjukkan hasil dari kadar air dan kepadatan kering pada tanah, sedangkan pada Gambar 3 menampilkan grafik dari uji kompaksi.

Tabel 4. Nilai Water Content dan γ_{dry} (Compaction)

Pengujian	Water Content (%)	γ_{dry} (gr/cm ³)
Sampel 1	24	1,11
Sampel 2	28	1,16
Sampel 3	35	1,17
Sampel 4	41	1,06
Sampel 5	45	1,05



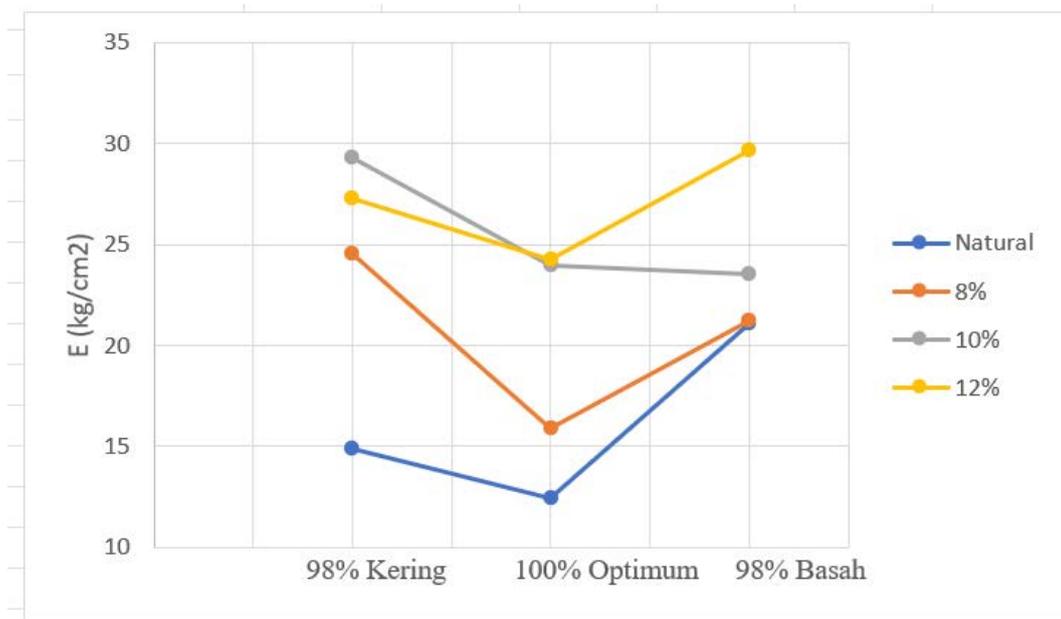
Gambar 3. Grafik Kompaksi

Unconfined Comprssion Test

Unconfined Compression Test (UCT) adalah metode pengujian laboratorium yang digunakan untuk mengukur kekuatan tekan bebas tanah tanpa adanya tekanan lateral. Uji ini umum diterapkan pada tanah kohesif, seperti lempung, untuk menentukan *Unconfined Compressive Strength (UCS)* yang menunjukkan kemampuan tanah dalam menahan beban aksial. Dalam pelaksanaannya, sampel tanah berbentuk silinder diberikan tekanan secara aksial hingga mengalami kegagalan. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung kuat tekan serta modulus elastis tanah. Hasil dari UCT sangat bermanfaat dalam menilai stabilitas tanah serta efektivitas penggunaan bahan stabilisasi, seperti fly ash, dalam meningkatkan sifat mekanis tanah ekspansif. Pada Gambar 4 dapat dilihat grafik perbandingan dari nilai modulus elastis selama pengujian, Dalam Gambar 5-8 adalah pengujian unconfined compression test dengan tanah natural dan tanah natural dicampur dengan campuran Abu terbang pada kondisi 100 %, didapatkan bahwa kondisi modulus elastis tertinggi didapatkan pada kondisi campuran 12 % Abu Terbang. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas tertinggi untuk keseluruhan campuran, didapatkan nilai modulus elastis tertinggi pada kondisi campuran Abu Terbang sebanyak 12 % pada keadaan 98 % basah. Untuk hasil nilai modulus elastisitas dan nilai persentase perbedaan modulus elastis dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Nilai Modulus Elastis dari pengujian UCT

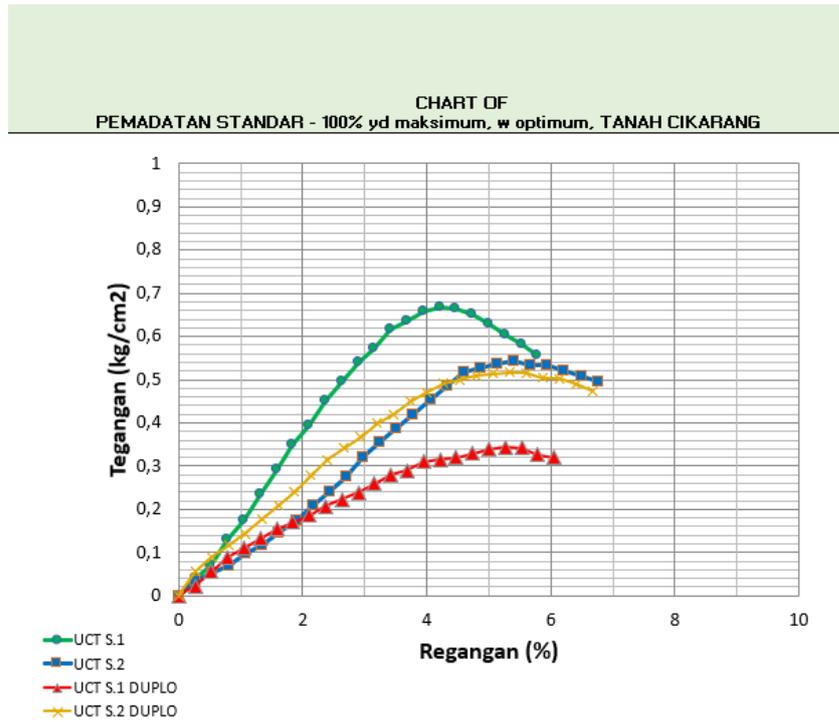
Pengujian	Modulus Elastis (kg/cm^2)		
	98 %kering	Optimum	98 %basah
Natural	14,88	12,44	21,06
8 % Flyash	24,51	15,92	21,24
10 % Flyash	29,28	23,98	23,51
12 % Flyash	27,24	24,23	29,63



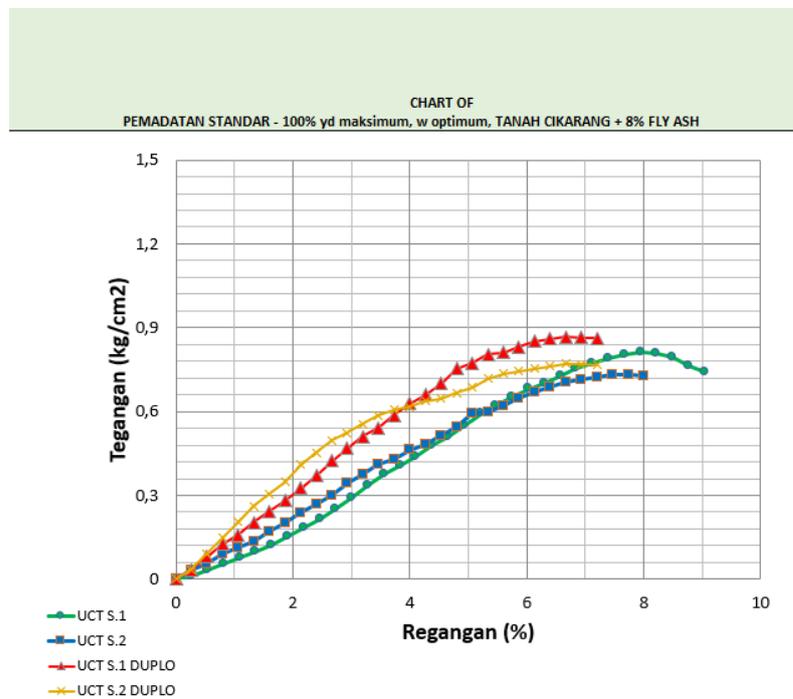
Gambar 4. Grafik perbedaan Nilai Modulus Elastis

Tabel 6. Nilai Perbedaan Modulus Elastis dari pengujian UCT

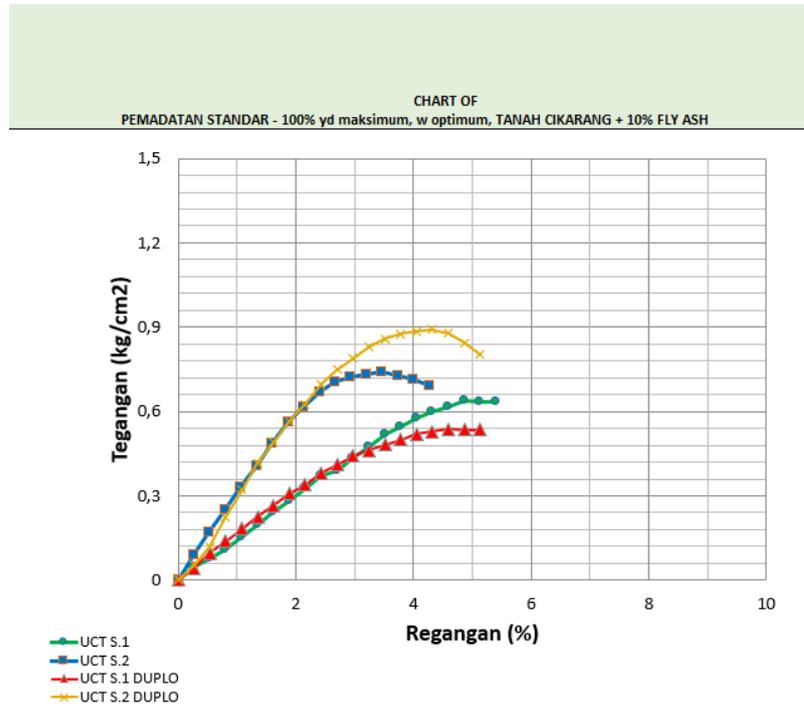
Pengujian	Nilai Perbedaan Modulus Elastis (%)		
	98 %kering	<i>Optimum</i>	98 %basah
<i>Natural</i>	133 %	91,71 %	92,56 %
8 % <i>Flyash</i>	59,91 %	19,13 %	27,41 %
10 % <i>Flyash</i>	40,52 %	55,08 %	24,07 %
12 % <i>Flyash</i>	42,17 %	56,28 %	22,76 %



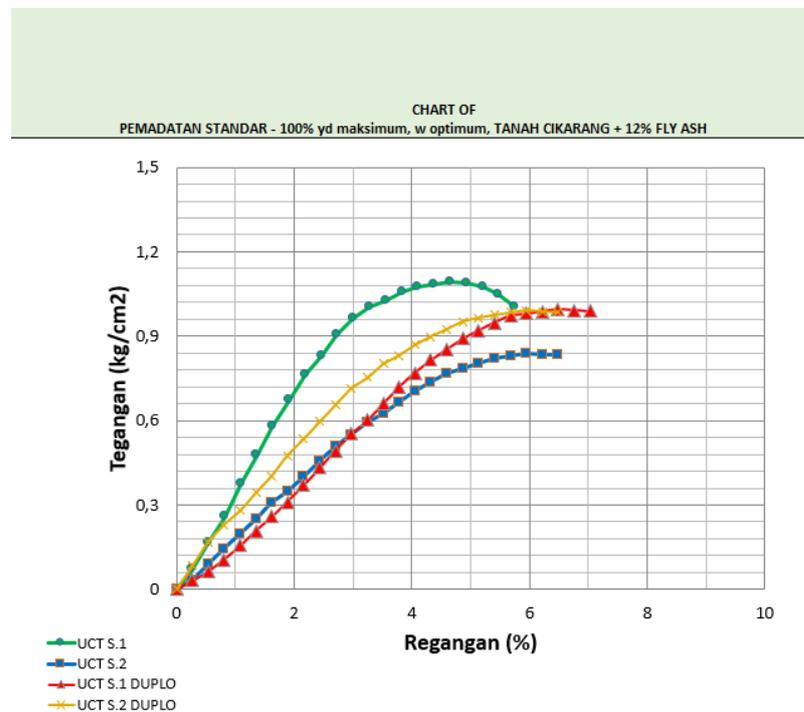
Gambar 5. Grafik UCT kondisi Optimum (*Natural*)



Gambar 6. Grafik UCT kondisi Optimum + 8 % Abu Terbang



Gambar 7. Grafik UCT kondisi Optimum + 10 % Abu Terbang



Gambar 8. Grafik UCT kondisi Optimum + 12 % Abu Terbang

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil pengujian *Index Properties* dari tiga buah sampel dengan rata-rata *GS* adalah sebesar 2,63
2. Hasil Sampel yang diambil merupakan tanah Ekspansif dikarenakan hasil *Plasticity Index* (PI) rata-rata adalah 63,06 jika hasil lebih dari 35 dapat dikategorikan Ekspansif
3. Pada Pengujian Kompaksi didapati 3 buah kadar air untuk dilanjutkan ke pengujian *UCT* Kadar air yang didapat adalah sebesar 28,9 %, 32,5 %, dan 35,5 %
4. Pada Pengujian *UCT* dapat terlihat bahwa penambahan Abu terbang Memiliki nilai Modulus Elastis yang lebih tinggi dari sampel *Natural*
5. Pada Pengujian *UCT* dapat terlihat bahwa penambahan Abu terbang Memiliki perbedaan selisih data modulus elastis yang lebih kecil dari sampel *Natural* yang membuat tanah menjadi lebih stabil
6. Nilai Modulus Elastis paling optimum dari pengujian 8 %, 10 %, dan 12 % Abu terbang terdapat di persentase Abu terbang 12 % di kadar air 98 % Basah sebesar $29,63 \text{ kg/cm}^2$

Saran

1. Perlu dilakukan percobaan kompaksi kepada tanah yang sudah tercampur dengan Abu terbang agar mendapat kadar air optimum yang lebih akurat
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat perlu dilakukan pengujian dengan sampel yang lebih banyak
3. Untuk mendapati hasil yang lebih presisi dapat dilakukan kembali pengujian dengan persen tambahan abu terbang yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, T. C. (1998). Studi Pengaruh Campuran Tanah-fly ash terhadap Kuat Geser Tanah dengan Uji Direct Shear dan Prisma Bebas (*Unconfined Compression Test*) pada Tanah Ekspansif Cikampek,
- Abel, J. M. N., & Sentosa, G. S. (2024). Pengaruh Perendaman Terhadap Nilai Kuat Uji Tekan yang Dipadatkan dengan Cara Proctor pada Bengkulu. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1161-1170
- American Society for Testing and Material*, 1988, *Annual Book Of ASTM Standard, United State of America*.
- Bakti, K., Alihudien, A., & Abadi, T. (2025). Pengaruh Penggunaan Fly Ash untuk Meningkatkan Daya Dukung Tanah Dasar Jalan yang Ekspansif. *Jurnal Smart Teknologi*, 6(2), 164-172.
- Budi, G. S., Cristanto, A., & Setiawan, E. (2004). Pengaruh Fly ash terhadap Pengembangan Tanah
- Chen, F.H., *Foundations on Expansive Soils, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York*, (1988).
- Das, B. M. (1991). *Principles of geotechnical engineering* (3rd ed.). PWS-Kent Publishing Company.
- Golewski, G. L. (2022). The role of pozzolanic activity of siliceous fly ash in the formation of the structure of sustainable cementitious composites. *Sustainable Chemistry*, 3(4), 520-534.
- G. S. Budi, et al. (2003). Pengaruh Fly Ash terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif
- Hangge, E. E., Bella, R. A., & Ullu, M. C. (2021). Pemanfaatan Fly ash untuk stabilisasi tanah dasar lempung ekspansif
- Hangge, E. E., Bella, R. A., & Manek, A. Q. S. (2022, September). Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur, Fly Ash dan Bottom Ash Terhadap Kapasitas Dukung Tanah. *Jurnal Forum Teknik Sipil (J-Forteks)* (Vol. 2, No. 2, pp. 34-44).