

ANALISIS PERUBAHAN NILAI MODULUS ELASTISITAS AKIBAT PENAMBAHAN CAMPURAN KAPUR TOHOR

Edwin Nicklaus Pangestu^{1*} dan Gregorius Sandjaja Sentosa¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
*edwin.325210021@stu.untar.ac.id

Masuk: 02-07-2025, revisi: 13-07-2025, diterima untuk diterbitkan: 01-08-2025

ABSTRACT

Expansive soils are soils that have shrinkage and expansion properties due to variations in moisture content. This property causes problems in construction. An alternative to increase the strength of expansive soil is to add stabilization materials such as quicklime. The test method used to improve soil stability of expansive soil is UCT testing carried out in laboratory. The soil used in this test is expansive soil. There are two types of UCT tests carried out, namely, UCT testing on natural soil conditions and with a mixture of quicklime. Test were conducted under unsoaked conditions with each consisting of two soil samples and 2 duplo samples. The quicklime used consist of three variations of levels, namely, 3%, 5%, and 7% of the weight of the soil. After obtaining the UCT graph, the elastic modulus value will be sought. The results showed that the elastic modulus value in natural soil conditions was 12,63 kN/m² at 100% optimum condition. At 100% optimum condition, the largest elastic modulus value was obtained when the 7% quicklime mixture was 5097,50 kN/m². The test results obtained show that the addition of quicklime can increase the elastic modulus value at 100% optimum and 98% wet conditions.

Keywords: Expansive Soil; Quicklime; Unconfined Compression Test (UCT); Elastic Modulus

ABSTRAK

Tanah ekspansif ialah tanah yang memiliki sifat kembang susut akibat variasi kadar air. Sifat ini menimbulkan permasalahan pada konstruksi. Alternatif untuk meningkatkan kekuatan tanah ekspansif ialah dengan menambahkan bahan stabilisasi seperti kapur tohor. Metode pengujian yang digunakan untuk meningkatkan kestabilan tanah ekspansif yaitu pengujian UCT yang dilaksanakan di laboratorium. Tanah yang digunakan pada pengujian ini adalah tanah ekspansif. Pengujian UCT yang dilakukan ada 2 jenis yaitu, pengujian UCT kondisi tanah natural dan dengan campuran kapur tohor. Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa rendaman dengan masing-masing terdiri dari 2 sampel tanah dan 2 sampel duplo. Kapur tohor yang digunakan terdiri dari tiga variasi kadar yaitu, 3%, 5%, dan 7% dari berat tanah. Setelah mendapatkan grafik UCT, nilai modulus elastisitas akan dicari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai modulus elastis kondisi tanah natural didapat sebesar 1238,58 kN/m² pada kondisi optimum. Pada kondisi optimum, didapatkan nilai modulus elastis terbesar pada saat campuran kapur tohor sebanyak 7% senilai 5097,50 kN/m². Hasil pengujian yang telah didapat menunjukkan bahwa penambahan kapur tohor dapat meningkatkan nilai modulus elastis pada kondisi optimum dan 98% basah.

Kata kunci: Tanah ekspansif; Kapur Tohor; Unconfined Compression Test (UCT); Modulus Elastis

1. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif ialah jenis tanah yang dapat mengalami perubahan volume secara signifikan atau kembang susut akibat dari variasi kadar air. Tanah ini cenderung mengembang ketika jenuh air dan mengalami susut saat mengering yang menyebabkan tanah ini disebut sebagai tanah bergerak (Setyono et al., 2018). Proses dari kembang susut tanah ekspansif terpengaruh dari faktor lingkungan. Tanah ekspansif memiliki sifat yang sangat dipengaruhi oleh kadar air, hal ini mengakibatkan bangunan yang berdiri di atasnya mengalami kerusakan seperti terangkatnya pondasi, dinding terangkat, dan kerusakan pada jalan (Lestari, 2014). Di Indonesia, tanah ekspansif ditemukan di daerah Jakarta dan sekitarnya. Tanah ekspansif yang ada di daerah Jakarta dan sekitarnya mempunyai nilai *index plastisitas* diantara 20% - 70%. Tanah ekspansif biasanya mempunyai plastis limit dan liquid limit yang lebih besar dengan nilai indeks plastisitas sebesar >30%. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah ekspansif. Salah satunya caranya dengan menambahkan bahan stabilisasi seperti kapur tohor.

Kapur tohor atau yang dikenal dengan kalsium oksida merupakan hasil dari pembakaran batu gamping. Rumus umum dari kapur tohor ialah CaO. Kapur tohor merupakan bahan baku dasar yang digunakan dalam skala besar di bidang

perindustrian. Kapur tohor dapat bereaksi dengan tanah melalui serangkaian proses kimia yang bertujuan untuk menetralkan keasaman tanah dan meningkatkan kesuburan tanah. Ketika diaplikasikan, kapur tohor mengalami hidrolisis dengan air di dalam tanah, lalu menghasilkan kalsium hidroksida dan panas. Kalsium hidroksida yang terbentuk bersifat basa kuat dan menetralkan ion hidrogen penyebab keasaman tanah. Reaksi ini meningkatkan pH tanah, mengurangi kelarutan unsur beracun seperti aluminium dan besi. Selain itu juga dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aerasi. Kapur tohor memiliki sifat basa, dapat menyerap air, dan memiliki reaksi yang kuat dengan air. Kapur tohor dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dari tanah ekspansif. Penelitian oleh Ranggaesa menyatakan bahwa kenaikan nilai CBR *soaked* dan *unsoaked* tertinggi terdapat pada persentase campuran kapur sebanyak 8%, semakin banyak kapur yang ditambahkan maka *swelling* yang terjadi akan semakin kecil, kondisi ini membuat tanah pada kondisi tidak terlalu getas dan tidak terlalu lembek (Ranggaesa et al., 2017). Aryanto menyatakan bahwa penambahan kapur tohor dapat meningkatkan nilai dari CBR tanah. Pada penelitian tersebut nilai CBR terbesar didapat dari variasi kapur tohor senilai 8% dengan waktu pemeraman 24 hari dengan nilai CBR sebesar 27.95% (Aryanto et al., 2021). Kajian terdahulu yang dilakukan oleh Indrayani menunjukkan bahwa penambahan kapur dan bahan tambahan petrasoil sebesar 20% meningkatkan nilai CBR tanah dari 1.55% menjadi 7.88% (Indrayani et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa kapur tohor dapat berkolaborasi dengan bahan lain untuk dapat meningkatkan stabilitas dari tanah. Selain dapat berkolaborasi, penambahan kapur tohor juga meningkatkan nilai kohesi dan kuat geser tanah. Dari penelitian yang dilakukan oleh Santuri dan Agustina, nilai kohesi yang didapat meningkat dari 0.473 kg/cm² menjadi 1.38 kg/cm² setelah ditambahkan campuran kapur tohor sebesar 6%, sedangkan untuk campuran kapur tohor sebesar 8% didapat nilai kohesi sebesar 0.69 kg/cm² menjadi 0.89 kg/cm² (Santuri & Agustina, 2020). Penelitian oleh Andajani menyatakan bahwa dengan penambahan kapur dengan kadar 10% membuat nilai batas cair berkurang sebesar 18,62% dan menurunkan indeks plastisitas sebesar 78,80%. Selain itu, untuk persentase kapur yang sama, nilai CBR untuk penetrasi 0,1 mencapai 34,5, sementara untuk penetrasi 0,2 sebesar 31,54 (Andajani & Risdianto, 2022). Sutikno melakukan uji coba stabilisasi tanah ekspansif dengan penambahan kapur padam. Variasi kadar kapur padam yang digunakan yaitu, 3%, 6%, 9%, dan 12%, nilai CBR tanah yang diperoleh sebelum ditambahkan campuran, sebesar 2,316% dan setelah ditambahkan campuran kapur padam, nilai CBR maksimum meningkat menjadi 12,5% pada penambahan kapur antara 4% hingga 6% (Sutikno, 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Melisa menunjukkan bahwa kadar air tertinggi didapat pada saat persentase kapur sebesar 8%. Kadar air yang diperoleh senilai 31,8%. Sedangkan, nilai sudut geser dalam tertinggi didapat saat persentase kapur padam 12%, nilai yang diperoleh sebesar 43,84⁰. Selain itu, penurunan kohesi terjadi pada saat penambahan kapur sebanyak 6% (Haras et al., 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Hatmoko dan Kawan-kawan menunjukkan bahwa penambahan kapur pada tanah ekspansif dapat menurunkan tekanan dan potensi pengembangan tanah dari 12% menjadi 1.12% dengan kadar kapur 10% (Hatmoko & Lulie, 2007). Penelitian oleh Hangge, Cornelis, dan Galla didapatkan nilai perubahan terbesar terjadi pada pengujian tekan bebas pada kondisi dengan pemeraman 7 hari pada variasi campuran kapur 5%, abu terbang 30%, dan *bottom ash* 20% sebesar 3.2 kg/cm² dari kondisi natural sebesar 0.326 kg/cm² (Hangge et al., 2022).

Dari beberapa hasil kajian terdahulu di atas, masih terdapat ketersimpangan mengenai kadar kapur tohor optimal yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai peningkatan kekuatan tanah yang optimum. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengisi keterbatasan yang ada tentang kadar kapur tohor optimal yang dapat digunakan.

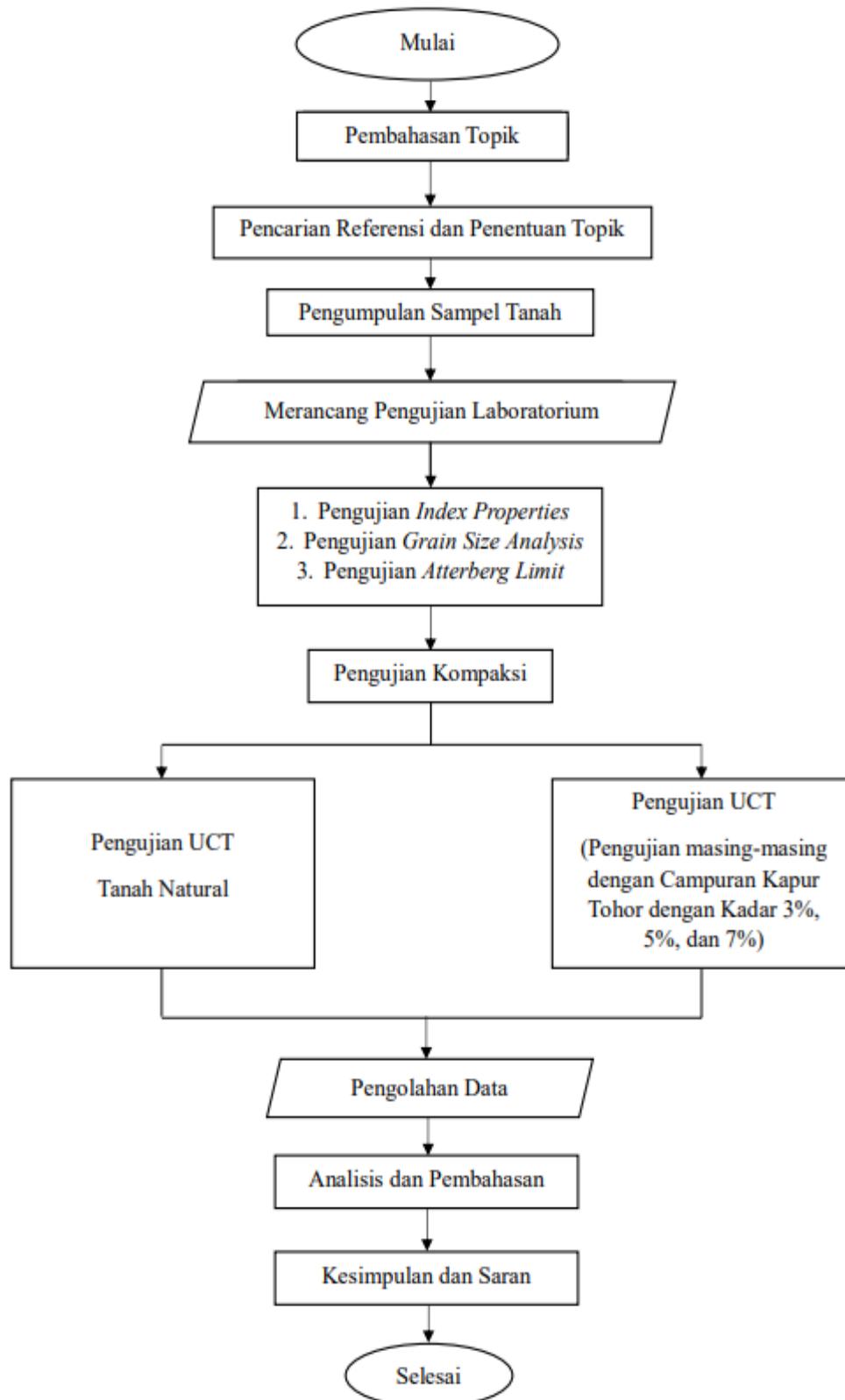
Tanah yang digunakan untuk pengujian berasal dari daerah Cikarang dan sekitarnya. Tanah yang berasal dari daerah Cikarang biasanya bersifat ekspansif. Tanah ekspansif sendiri mempunyai sifat yang kurang baik bagi konstruksi, karena bisa mengalami kembang susut akibat dari pengaruh kadar air. Untuk itu diperlukan peningkatan nilai tanah dengan menggunakan bahan stabilisasi yaitu kapur tohor. Oleh karena itu, Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan kapur tohor terhadap perubahan nilai modulus elastis pada tanah ekspansif. Pengujian yang akan dilakukan, seperti praktikum *index properties* untuk mendapatkan nilai *specific gravity* (Gs) dari tanah. Selanjutnya, dilakukan praktikum *Atterberg Limit* untuk mengetahui batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas dari tanah. Setelah itu dilakukan pengujian *Grain Size Analysis*. Pengujian ini dibagi menjadi dua, yaitu *sieve analysis* untuk mengetahui persentasae dari butiran tanah dan hydrometer untuk mengetahui persentase dari butiran tanah lolos saringan 200. Setelah itu, dilakukan uji kompaksi untuk mendapatkan relasi antara kadar air dan kepadatan tanah, dari uji kompaksi tersebut diperoleh kadar air optimum pada kepadatan maksimum. Selanjutnya akan dilakukan pengujian UCT untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan beban dan mendapatkan nilai modulus elastis. Pengujian UCT yang dilakukan terbagi menjadi beberapa sampel diantaranya, pengujian UCT pada kondisi tanah natural, pengujian UCT dengan tambahan kapur tohor sebanyak 3%, pengujian UCT dengan tambahan kapur tohor sebanyak 5%, dan pengujian UCT dengan tambahan kapur tohor sebanyak 7%. Lalu, setelah pengujiannya selesai, dapat dilihat seberapa besar dampak dari penambahan kapur tohor terhadap perubahan nilai modulus elastis pada tanah ekspansif.

Berdasarkan hasil di atas, diambil dua buah rumusan masalah yaitu, bagaimana pengaruh penambahan kapur tohor pada tanah dan pengaruhnya terhadap perubahan nilai modulus, serta berapa kadar kapur tohor yang diperlukan untuk dapat meningkatkan nilai modulus elastis pada tanah secara signifikan.

Tujuan penelitian pada jurnal ini ialah untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur tohor pada tanah serta pengaruhnya terhadap perubahan nilai modulus elastis dan Mengetahui kadar kapur tohor yang diperlukan untuk dapat meningkatkan nilai modulus elastis pada tanah secara signifikan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan pembahasan topik yang tertuju pada pengujian kuat tekan tanah dan mencari nilai modulus elastis pada tanah ekspansif yang dikombinasikan dengan kapur tohor. Sampel tanah yang digunakan berasal dari daerah Cikarang, kemudian dikumpulkan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara. Terdapat berbagai macam pengujian yang dilakukan, diantaranya yaitu, *index properties*, *atterberg limit*, *grainsize analysis*, *compaction*, dan *Unconfined Compression Test (UCT)* untuk memperoleh karakteristik dari tanah dan mendapatkan nilai modulus elastisitasnya. Pengujian yang dilakukan berdasar pada ASTM *Standard D 2166-00. 2000, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength for Cohesive Soil*. Penambahan kapur tohor dilakukan pada saat pengujian *Unconfined Compression Test (UCT)* dengan kadar 3%, 5%, dan 7%. Hasil data dari pengujian lalu dianalisis untuk melihat dampak dari penambahan kapur tohor pada campuran sampel. Hasil pengujian dari sampel tanah natural / asli akan dibandingkan dengan sampel tanah yang telah dicampur untuk mengetahui berapa kadar kapur tohor optimal untuk meningkatkan nilai modulus elastisitas dari tanah. Kesimpulan dan saran dibuat berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis data, dengan gambar diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Index Properties

Pengujian ini dilakukan guna memperoleh nilai *Specific Gravity* (Gs) dari tanah. Nilai dari Gs berguna untuk mengetahui kepadatan partikel yang ada pada dalam tanah. Semakin tinggi nilai dari Gs, maka kepadatan partikel yang ada di dalam tanah akan lebih padat, semakin rendah nilai dari Gs, maka kepadatan partikel yang ada di dalam tanah akan lebih rendah / berkurang. Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian *index properties* untuk mendapatkan nilai *specific gravity*.

Tabel 1. Nilai *specific gravity*

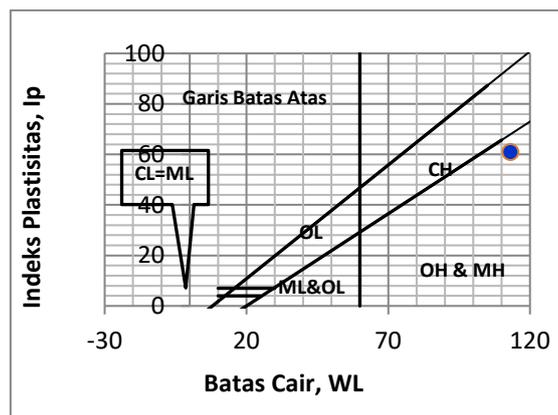
	<i>Specific Gravity</i>
Sampel 1	2,69
Sampel 2	2,69
Sampel 3	2,63
Rata-rata <i>Specific Gravity</i>	2,67

Atterberg Limit

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai batas cair (WL), dan batas plastis (WL) dari tanah yang butirannya halus. Selain itu, uji ini juga menunjukkan sifat fisis, plastis, dan kemampuan tanah lewat pergantian volume, lalu menghasilkan sebuah parameter seperti *Liquid Limit* (LL), *Plastic Limit* (PL), dan *Plasticity Index* (PI). Pada Tabel 2 dan Gambar 2 menampilkan hasil dari pengujian *Atterberg Limit* pada tanah.

Tabel 2. Hasil pengujian *atterberg*

Uji	<i>Liquid Limit</i> (LL)	<i>Plastic Limit</i> (PL)	<i>Plasticity Index</i> (PI)
Sampel 1	113,208 %	52,22 %	60,99 %
Sampel 2	147,128 %	60,97 %	86,15 %
Sampel 3	118,08 %	53,61 %	64,47 %
Rata-rata	126,139%	55,6 %	70,54 %



Gambar 2. Grafik klasifikasi tanah berdasarkan *cassagrande*

Grainsize Analysis

Uji ini dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi ukuran partikel atau butiran pada tanah dengan 2 pengujian, yaitu *sieve analysis* dan *hydrometer*. Dari hasil pengujian ini diperoleh klasifikasi dari jenis tanah, serta persentase butiran *gravel*, *sand*, *silt*, dan *clay*. Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil dari pengujian *grainsize analysis* pada tanah.

Tabel 3 Hasil uji *grainsize analysis*

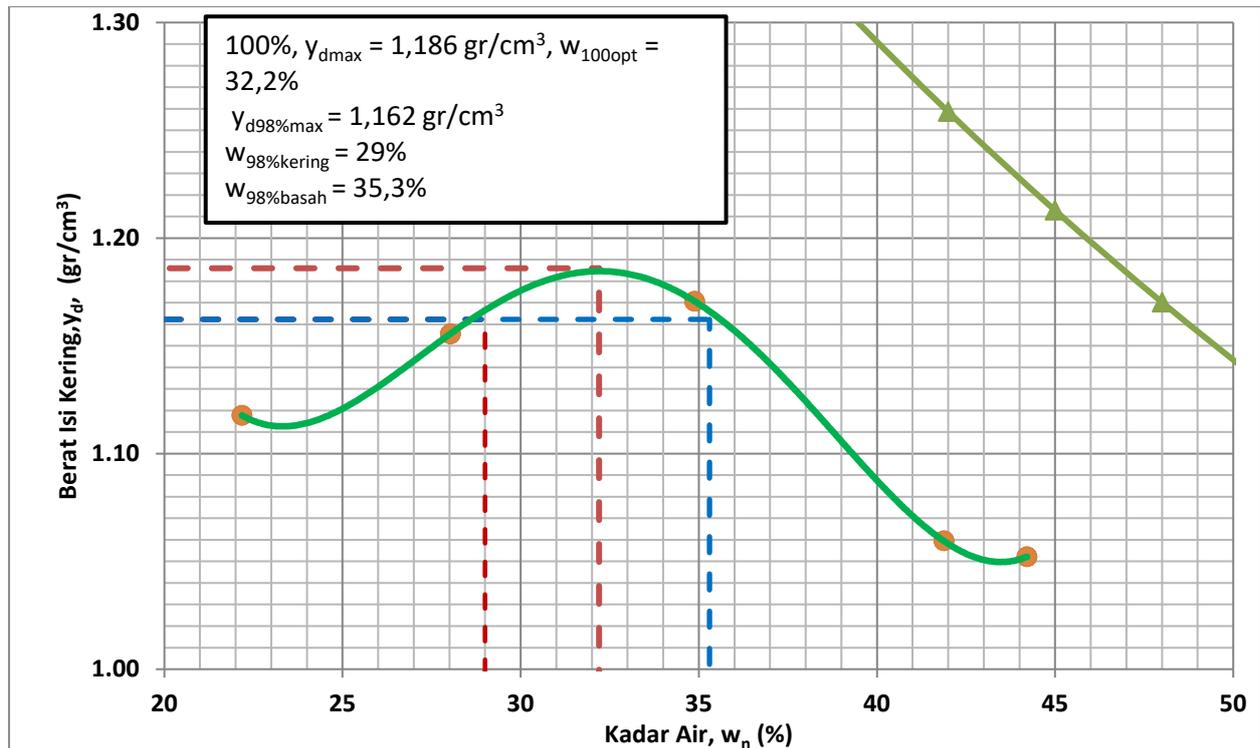
	<i>Gravel</i>	<i>Sand</i>	<i>Silt</i>	<i>Clay</i>
Sampel 1	0,87 %	3,38 %	54,70 %	41,53 %
Sampel 2	0,29 %	2,21 %	67,87 %	29,84 %
Sampel 3	1,28 %	2,47 %	69,89 %	26,90 %

Compaction

Pengujian ini bertujuan untuk menghasilkan hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah, dimana kadar air optimum akan didapatkan pada saat kepadatan maksimum. Pengujian ini berfokus untuk mengurangi rongga yang ada pada tanah. 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 kadar air dan γ_{dry} kompaksi

	Kadar Air (%)	γ_{dry}
Pemadatan 1	22,18	1,12
Pemadatan 2	28,03	1,16
Pemadatan 3	34,88	1,17
Pemadatan 4	41,88	1,06
Pemadatan 5	44,21	1,05

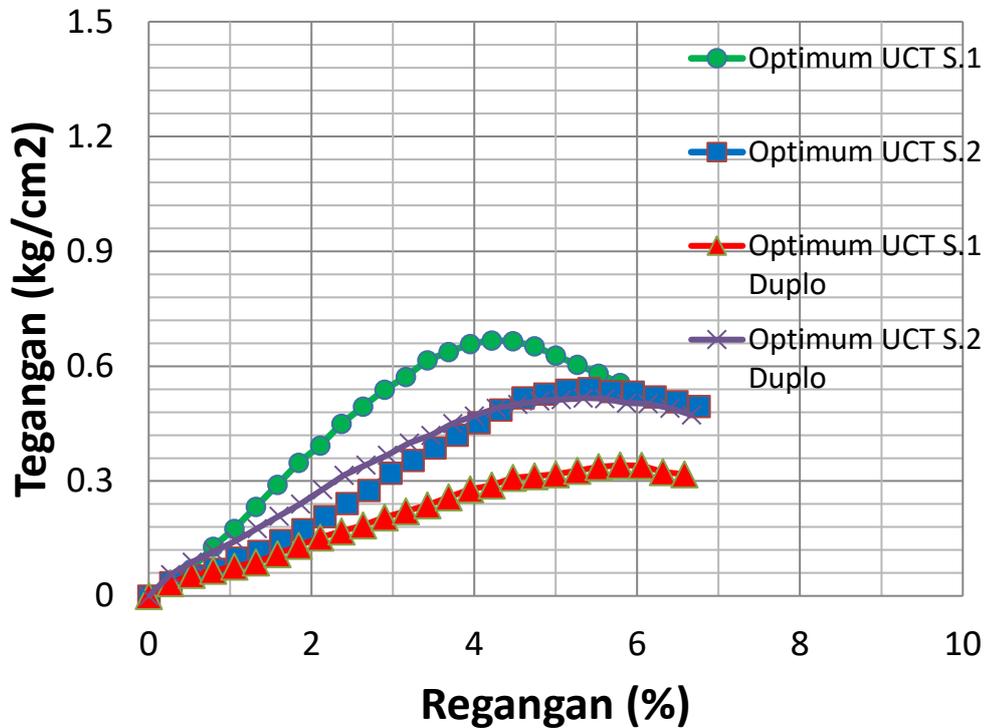


Gambar 3 Grafik hasil uji kompaksi

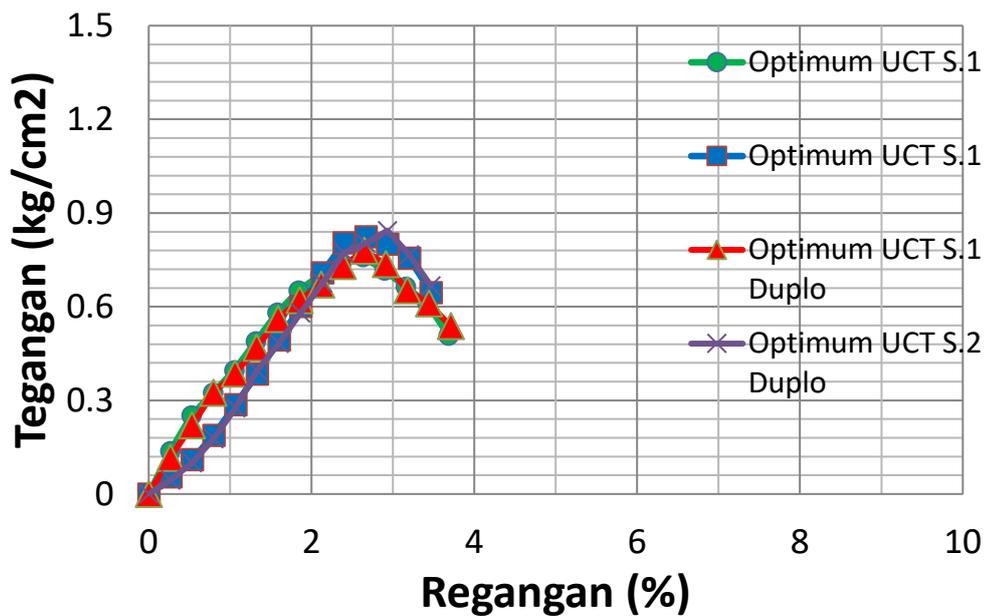
Unconfined Compression Test (UCT)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kuat geser tanah kohesif serta untuk memperoleh nilai modulus elastisitas yang berfungsi untuk mengukur kekakuan tanah sebagai dasar penting guna memastikan stabilitas dan keamanan struktur yang ada di atasnya.

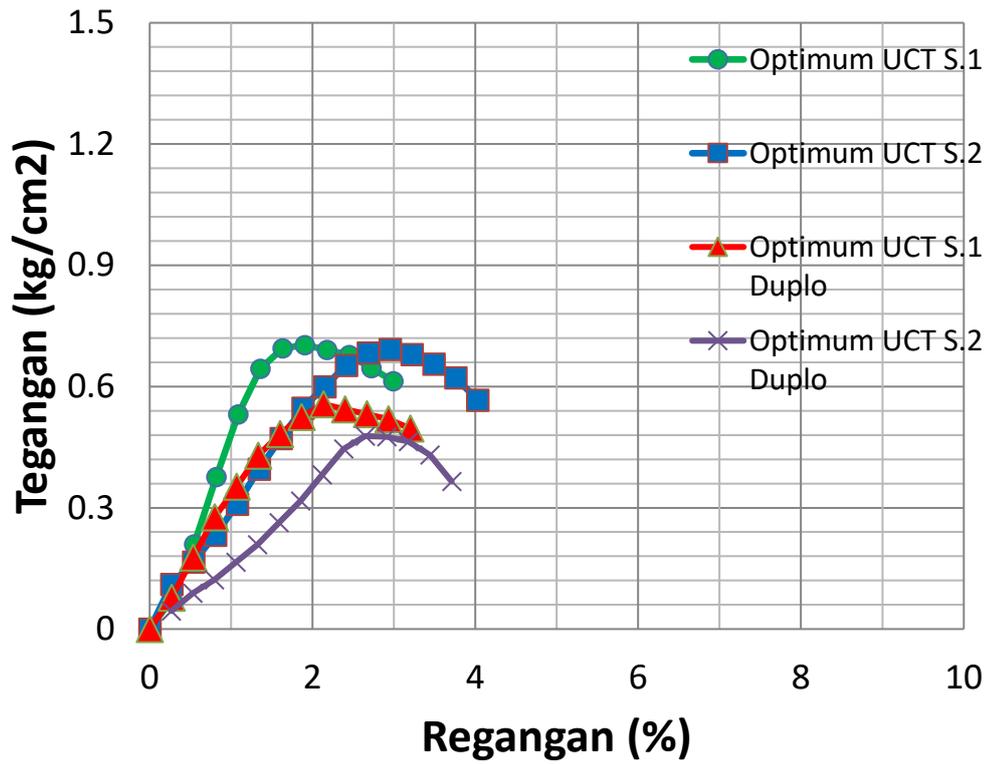
Dalam Gambar 4-7, dengan pengujian *unconfined compression test* dengan tanah natural dan tanah natural dicampur dengan campuran kapur tohor pada kondisi 100%, didapatkan bahwa kondisi modulus elastis tertinggi didapatkan pada kondisi campuran 3% kapur tohor. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas tertinggi untuk keseluruhan campuran, didapatkan nilai modulus elastis tertinggi pada kondisi campuran kapur tohor sebanyak 7% pada keadaan 98% basah. Untuk hasil nilai modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.



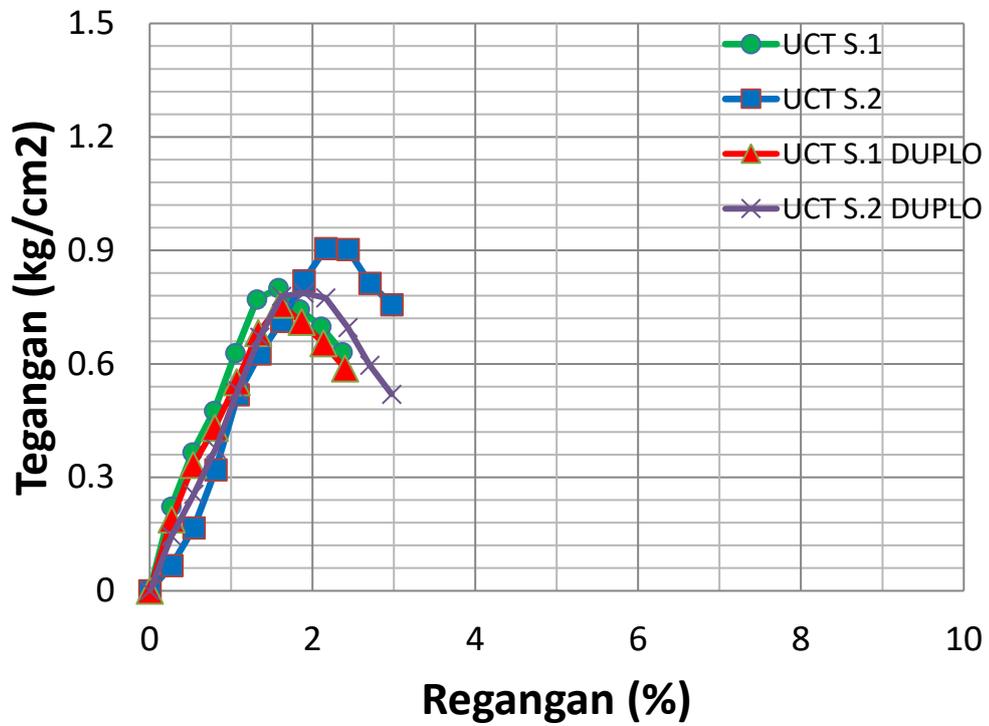
Gambar 4 Grafik UCT kondisi 100% natural



Gambar 5. Graik UCT kondisi 100% natural + 3% kapur tohor



Gambar 6 Grafik UCT kondisi 100% natural + 5% kapur tohor



Gambar 7. Grafik UCT kondisi 100% natural + 7% kapur tohor

Tabel 5 Nilai rata-rata modulus elastisitas

	kN/m ²		
	98% Kering	100%	98% Basah
Natural	1573,97	1238,58	2698,79
Natural + 3% Kapur Tohor	773,74	3419,58	3606,89
Natural + 5% Kapur Tohor	3036,14	2973,38	4190,38
Natural + 7% Kapur Tohor	482,49	5097,50	4447,32

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil pengujian *Index Properties* didapatkan tiga buah nilai Gs dari tiga sampel, dengan rata-rata nilai Gs sebesar 2,67.
2. Pada pengujian kompaksi didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 32,5%.
3. Hasil pengujian UCT pada kondisi tanah natural didapatkan nilai modulus elastisitas terbesar pada saat kondisi tanah 100% optimum + 7% kapur tohor dengan nilai 5097,50 kN/m²
4. Berdasarkan tabel 5, nilai modulus elastis terus meningkat pada kondisi 98% basah untuk kondisi 3%, 5% dan 7% kapur tohor.
5. Berdasarkan hasil pengujian UCT, dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan kapur tohor dapat meningkatkan nilai modulus elastis dari tanah natural pada kondisi 100% dan kondisi 98% basah, sedangkan untuk keadaan 98% kering, nilai modulus elastisnya cenderung menurun, hanya meningkat pada campuran 5% kapur tohor.
6. Penelitian ini baru dilakukan di Laboratorium dan belum divalidasi untuk pekerjaan nyata di lapangan kerja konstruksi.

Saran

1. Untuk mendapatkan hasil data yang lebih akurat, perlu melakukan pengujian sampel dengan jumlah yang lebih banyak dengan tambahan kadar campuran.
2. Perlu dilakukan pengujian kompaksi dengan kondisi tanah yang telah dicampur dengan kapur tohor agar mendapatkan kadar air optimum pada setiap kondisi campuran.
3. Pengujian dilakukan dengan lebih teliti dan hati-hati agar saat pengujian tidak terjadi kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andajani, N., & Risdianto, Y. (2022). Penambahan Kapur Sebagai Stabilisasi Tanah Ekspansif untuk Lapisan Tanah Dasar (Subgrade). *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 90-95.
- Aryanto, M., Suhendra, S., & Amalia, K. R. (2021). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur Tohor. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(1), 38-43.
- Hangge, E., Galla, H., & Cornelis, R. (2022). Perilaku Tegangan Regangan Lempung Ekspansif yang Distabilisasi Menggunakan Kapur, Fly Ash dan Bottom Ash. *Jurnal Forum Teknik Sipil (J-ForTekS)*, 2(2), 1-10.
- Haras, M., Turangan, A. E., & Legrans, R. R. (2017). Pengaruh penambahan kapur terhadap kuat geser tanah lempung. *TEKNO*, 15(67).
- Hatmoko, J. T., & Lulie, Y. (2007). UCS tanah lempung ekspansif yang distabilisasi dengan abu ampas tebu dan kapur. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 64-77.
- Indrayani, I., Herius, A., Prabudi, D., Pratama, A. S., Nanda, P., & Fernando, N. (2021). Analisis Peningkatan Nilai CBR Tanah Rawa Menggunakan Campuran Petrasoil Dan Kapur. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(2), 108-115.
- Lestari, I. G. A. A. I. (2014). Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif. *GaneÇ Swara*, 8(2), 4.
- Ranggaesa, R. A., Zaika, Y., & Suroso, S. (2016). *Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan dan Pengembangan (swelling) pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro* (Disertasi Doktorat, Brawijaya University).
- Santuri, F. S., & Agustina, D. H. (2020). Stabilisasi tanah laterit dengan penambahan kapur terhadap kuat geser tanah. *Sigma Teknika*, 3(1), 33-38.
- Setyono, E., Sunarto, S., & Wirasetiyo, K. (2018). Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Dringu Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 16(1), 29-34.
- Sutikno, S. (2009). Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur (Lime): Aplikasi Pada Pekerjaan Timbunan. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 11(2), 101-108.

