

Pengaruh Penambahan Kapur Dolomite Terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah Berbutir Halus

Melvi Sanam¹, Murni Lagarante¹, Ninik Ariyani^{1*}

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta

*E-mail : ninikariyani@ukrimuniversity.ac.id

ABSTRAK

Tanah merupakan suatu bahan geologi yang terletak pada kerak bumi yang dimanfaatkan sebagai media kerja atau untuk mendirikan bangunan di atasnya. Pembangunan jalan raya dan pembangunan gedung-gedung bergantung pada kualitas daya dukung tanah. Tanah yang baik untuk pekerjaan teknik sipil harus mempunyai indeks plastisitas <17%. Stabilisasi dalam pekerjaan konstruksi bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, fisik, dan daya dukung tanah. Untuk mencapai tujuan ini, metode yang tepat harus digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah. Pengujian dilakukan pada tanah tanpa campuran dan tanah dengan campuran kapur dengan variasi 6%, 8%, dan 10% terhadap berat kering tanah dan diperam selama 2 hari dan 7 hari. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kadar air, berat jenis, batas-batas konsistensi, distribusi ukuran butiran tanah, pemadatan tanah, dan uji kuat tekan bebas. Uji kuat tekan bebas dilakukan pada tanah yang dipilih dari uji kompaksi yang menghasilkan massa jenis kering maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$) tertinggi. Dari hasil pengujian tanah tanpa campuran nilai indeks plastisitas tanah sebesar 27,57%. Semakin banyak penambahan kapur maka indeks plastisitas tanah akan semakin menurun setelah dicampur dengan kapur dolomite diperoleh nilai Indeks Plastisitas terendah pada campuran kapur 10% dengan pemeraman 2 hari diperoleh 5,26% dan pemeraman 7 hari diperoleh 3,25%. Hasil pengujian *unconfined compression test* pada pemeraman 7 hari diperoleh nilai q_u rata-rata pada tanah tanpa campuran sebesar 0,159 kg/cm², dan setelah ditambahkan kapur nilai kuat tekan bebas tanah maksimal diperoleh sebesar 0,400 kg/cm² pada variasi 8% kapur. Terjadi peningkatan nilai q_u sebesar 151% dari tanah asli.

Kata kunci: Kapur Dolomite, Kuat Tekan Bebas, Tanah Berbutir Halus.

ABSTRACT

Soil is a geological material located in the earth's crust which is used as a working medium or to build buildings on it. The construction of roads and the construction of buildings to be built depend on the quality of the soil's bearing capacity. Good soil for civil engineering work must have a plasticity index <17%. Stabilization in construction work aims to improve the mechanical, physical properties and bearing capacity of the soil. To achieve this goal, appropriate methods must be used to improve soil quality. Tests were carried out on soil without a mixture and soil with a mixture of lime with variations of 6%, 8% and 10% of the dry soil weight and were cured for 2 days and 7 days. The tests carried out include water content tests, specific gravity, consistency limits, soil grain size distribution, soil compaction, and unconfined compressive strength tests. The unconfined compressive strength test is carried out on soil selected from the compaction test which produces the highest maximum dry density ($\gamma_{d \text{ max}}$). From the results of soil testing without mixture, the soil plasticity index value was 27.57%. The more lime is added, the plasticity index of the soil will decrease after mixing it with dolomite lime. The lowest plasticity index value obtained in the 10% lime mixture with 2 days of curing is 5.26% and 3.25% of 7 days of curing. The results of the free compression test during 7 days of curing showed an average q_u value for unmixed soil of 0.159 kg/cm², and after adding lime, the maximum free compressive strength value for soil was obtained at 0.400 kg/cm² with a variation of 8% lime. There was an increase in the q_u value of 151% from the original land.

Keywords: Dolomite Limestone, Unconfined Compression Test, Fine Grained Soil.

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang geoteknik tanah selalu dikaitkan dengan pekerjaan struktur baik sebagai bahan bangunan, penunjang maupun dasar pondasi yang direncanakan. Tanah terdiri dari campuran butiran mineral dengan unsur ataupun tanpa unsur, tanah berperan penting dalam perencanaan konstruksi untuk menjamin kestabilan bangunan karena kekuatan struktur konstruksi dipengaruhi oleh kemampuan tanah untuk menerima beban struktur. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Fajria, 2016) tanah dari Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, didominasi oleh tanah litosol dan regosol, jenis tanah litosol memiliki kadar lempung sebanyak 60%. Tanah lempung adalah jenis tanah yang terdiri dari partikel-partikel halus berdiameter kurang dari 0,002 mm, tanah lempung cenderung memiliki sifat berplastisitas tinggi karena sifatnya jenuh air, memiliki permeabilitas rendah karena pori-pori yang sangat kecil sehingga air dan udara bergerak dengan sangat lambat melaluinya.

Menurut Bowles (1986), stabilisasi tanah dilakukan dengan tujuan meningkatkan sifat fisik dan mekanik tanah serta meningkatkan daya dukung kapasitas untuk melakukan stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan seperti menambah kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser, penambahan bahan additive sehingga terjadi perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah, menurunkan muka air tanah dan mengganti tanah-tanah yang buruk. Oleh karena itu, stabilisasi tanah memerlukan perencanaan dan penerapan metode sehingga menghasilkan perubahan tanah menjadi lebih baik dan sesuai standar untuk mendirikan konstruksi.

Kapur telah dikenal sebagai salah satu bahan stabilisasi tanah yang sangat efektif terhadap tanah-tanah yang bersifat plastis adanya ion Ca dapat memberikan reaksi sementansi dan pozzolanic partikel tanah (Cristady, 2017). Penambahan kapur dolomite sebagai bahan penelitian yang dilakukan untuk diharapkan dapat mengurangi indeks plastisitas tanah dan kembang susut, meningkatkan daya dukung tanah.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dengan menyediakan bahan dan alat penelitian:

1. Lokasi Sampel tanah yang digunakan yaitu dari Desa Bokoharjo, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, DIY.
2. Proses stabilisasi tanah diperlukan bahan tambah, pada penelitian ini digunakan bahan stabilisasi yaitu Kapur Dolomite.
3. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:
 - a. Satu set alat uji *specific gravity*.
 - b. Satu set alat uji batas-batas konsistensi tanah.
 - c. Satu set alat uji kadar air.
 - d. Satu set alat uji distribusi ukuran butiran.
 - e. Satu set alat uji kompaksi (*standar proctor*).
 - f. Satu set alat uji kuat tekan bebas tanah.

2.2. Prosedur Penelitian Laboratorium

Penelitian dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta. pengujian yang dilakukan antara lain:

1. Pengujian pendahuluan meliputi pengujian kadar air, berat jenis, batas-batas konsistensi tanah, distribusi ukuran partikel tanah, pemadatan tanah dan kuat tekan bebas tanah. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis tanah dari Desa Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, DIY.
2. Pada percobaan selanjutnya dilakukan pengujian tanah dengan penambahan kapur, pada pengujian digunakan variasi campuran 6%, 8%, dan 10% dari berat kering tanah. Tanah yang telah dicampur kapur dipemeram selama 2 dan 7 hari, tujuan dari pemeraman ini memicu reaksi antara tanah dan kapur. Setelah pencampuran dan pemeraman tanah dilakukan pengujian antara lain: uji berat jenis tanah, uji kadar air, uji batas-batas konsistensi tanah, uji distribusi ukuran partikel tanah, uji pemadatan tanah, dan uji kuat tekan bebas. Sampel yang digunakan pada pengujian kuat tekan bebas yaitu dari pengujian pemadatan tanah yang menghasilkan massa jenis kering maksimum (γ_d) dan kadar air optimum (w_{opt}) tertinggi.

3. HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian tanah asli disajikan pada Tabel 1. Hasil uji batas-batas konsistensi tanah pemeraman 2 hari dan 7 hari, masing-masing ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Hasil uji berat jenis tanah campuran ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil uji distribusi ukuran butiran tanah lolos saringan #200 ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil uji pemadatan tanah ditunjukkan pada Tabel 6 dan hasil *unconfined compression test* tanah campuran ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 1. Hasil uji tanah asli

Pengujian	Hasil
<i>Specific gravity</i> (GS)	2,64
<i>Liquid limit</i>	57,87 %
<i>Plastic limit</i>	30,30 %
<i>Index plastis</i>	27,57 %
Klasifikasi tanah USCS	MH
Persen Lolos Saringan no.200	50,91 %
Massa jenis kering maksimum (γ_d)	1,345 gr/cm ³
Kadar air optimum (W_{opt})	31,50 %
Kuat tekan bebas (q_u)	0,193 kg/cm ²

Tabel 2. hasil uji batas-batas konsistensi 2 hari pemeraman

No	% kapur	<i>Liquid limit</i>	<i>Plastic limit</i>	<i>Indeks Plastis</i>
1	Tanah + Kapur 6%	53,89 %	29,74 %	24,15 %
2	Tanah + Kapur 8%	51,93 %	43,81 %	8,12 %
3	Tanah + Kapur 10%	50,76 %	45,20 %	5,56 %

Tabel 3. hasil uji batas-batas konsistensi 7 hari pemeraman

No	% kapur	<i>Liquid limit</i>	<i>Plastic limit</i>	<i>Indeks Plastis</i>
1	Tanah + Kapur 6%	44,283 %	32,50 %	11,783 %
2	Tanah + Kapur 8%	56,802 %	49,90 %	6,902 %
3	Tanah + Kapur 10%	56,57 %	53,32 %	3,25 %

Tabel 4. hasil uji berat jenis tanah campuran

No	% kapur	2 hari pemeraman	7 hari pemeraman
1	Tanah + Kapur 6%	2,62	2,61
2	Tanah + Kapur 8%	2,58	2,51
3	Tanah + Kapur 10%	2,52	2,49

Tabel 5. Hasil uji distribusi ukuran butiran tanah lolos saringan #200

No	% kapur	2 hari pemeraman	7 hari pemeraman
1	Tanah + Kapur 6%	42,73 %	44,55 %
2	Tanah + Kapur 8%	17,27%	15,45%
3	Tanah + Kapur 10%	32,14%	30,00%

Tabel 6. Hasil uji pemadatan tanah

% kapur	2 hari pemeraman		7 hari pemeraman	
	OMC %	MDD (gr/cm ³)	OMC %	MDD (gr/cm ³)
Tanah + Kapur 6%	30,50	1,371	25,1	1,435
Tanah + Kapur 8%	28,8	1,382	27,09	1,377
Tanah + Kapur 10%	30,05	1,372	29,01	1,410

Tabel 7. Hasil *unconfined compression test* tanah campuran

% Kapur	0	6	8	10
qu Rata-rata (Kg/cm ²)	0.159	0.310	0.400	0.352

4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Tanah Asli

Berdasarkan Tabel 1. Uji pendahuluan yang dilakukan, menurut klasifikasi USCS (*unified Soil Classification Sistem*) tanah yang diteliti termasuk tanah berbutir halus karena butiran tanah yang lolos saringan no.200 sebesar 50,91% lebih besar dari 50 %. Dapat dilihat juga berdasarkan grafik USCS dengan persamaan garis A-line (0.73(57,87-20)) diperoleh nilai 27,64%, dan nilai indeks plastisitas tanah 27,57% sehingga disimpulkan bahwa tanah dari Desa Bokoharjo, Sleman, Yogyakarta termasuk lanau berplastisitas tinggi (MH) karena berada dibawah garis A-line. Hasil uji berat jenis tanah yaitu 2,64 dan hasil uji pemadatan tanah menghasilkan massa jenis kering maksimum yaitu sebesar 1,345 gr/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 31,50%, pada pengujian kuat tekan bebas tanah tanpa campuran hasil yang diperoleh sebesar 0,159 kg/cm².

4.2 Hasil Uji Batas-Batas Konsistensi Tanah Campuran

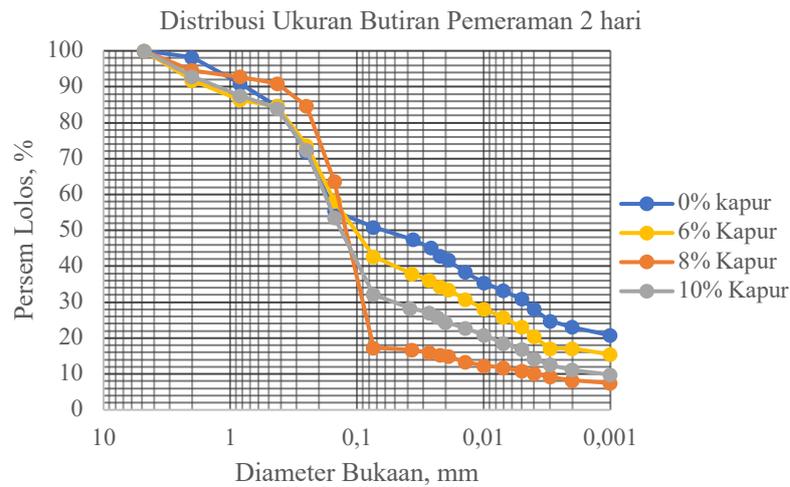
Hasil pengujian batas-batas konsistensi tanah tanpa campuran pada Tabel 1 diperoleh nilai indeks plastisitas yaitu sebesar 27,57% (>17 %) dan nilai indeks plastisitas tanah dengan campuran pada Tabel 2 dan 3, dengan penambahan kapur dalam berbagai variasi campuran dan dilakukan pemeraman membuktikan dapat menurunkan indeks plastisitas tanah. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi pertukaran kation (*kation exchange*) yang menyebabkan tanah menjadi kurang kohesif, ion kalsium pada kapur bereaksi dengan silika dan alumina dalam tanah membentuk senyawa yang stabil reaksi ini mengurangi plastisitas karena mengubah sifat tanah dari plastis menjadi lebih kaku. Pada penambahan 10% kapur diperoleh nilai IP pada pemeraman 2 hari yaitu 5,56% dan pemeraman 7 hari diperoleh nilai IP yaitu 3,25%. Hal ini menunjukkan semakin tinggi variasi penambahan kapur dan semakin lama waktu pemeraman dilakukan maka indek plastis tanah yang diperoleh semakin rendah, jika tanah dengan IP rendah maka tanah tersebut semakin stabil.

4.3 Hasil Uji Berat Jenis Tanah Campuran

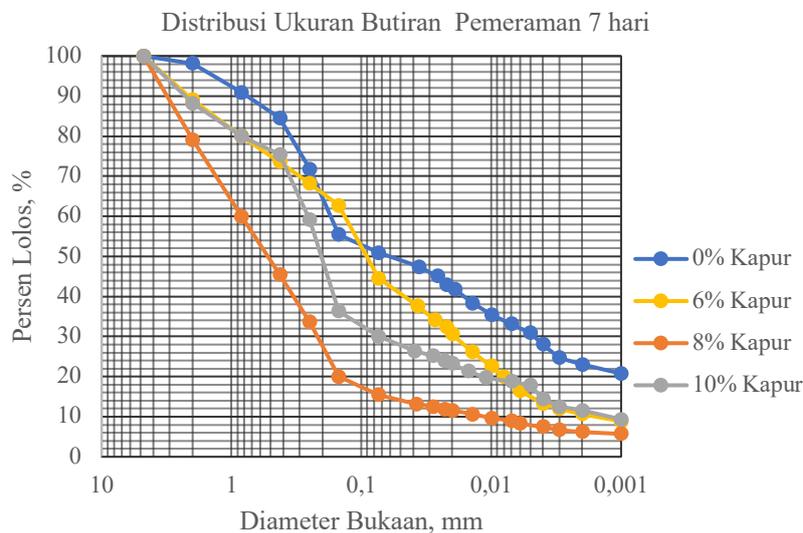
Hasil uji berat jenis tanah pada Tabel 4. Menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah kapur yang ditambahkan pada tanah maka berat jenisnya semakin rendah, hal ini disebabkan karena kalsium (Ca) pada kapur menghasilkan senyawa baru yang lebih ringan dan mengurangi kepadatan pada tanah.

4.4 Hasil Uji Distribusi Ukuran Butiran Tanah

Pada Tabel 5. Menunjukkan hasil persentase butiran yang lolos saringan 200. Pada Gambar 1 dan 2 menunjukkan hasil pengujian distribusi ukuran butir, yang mencakup pengujian analisa saringan dan pengujian hidrometer.



Gambar 1. Hasil uji distribusi ukuran butiran dengan berbagai variasi kapur



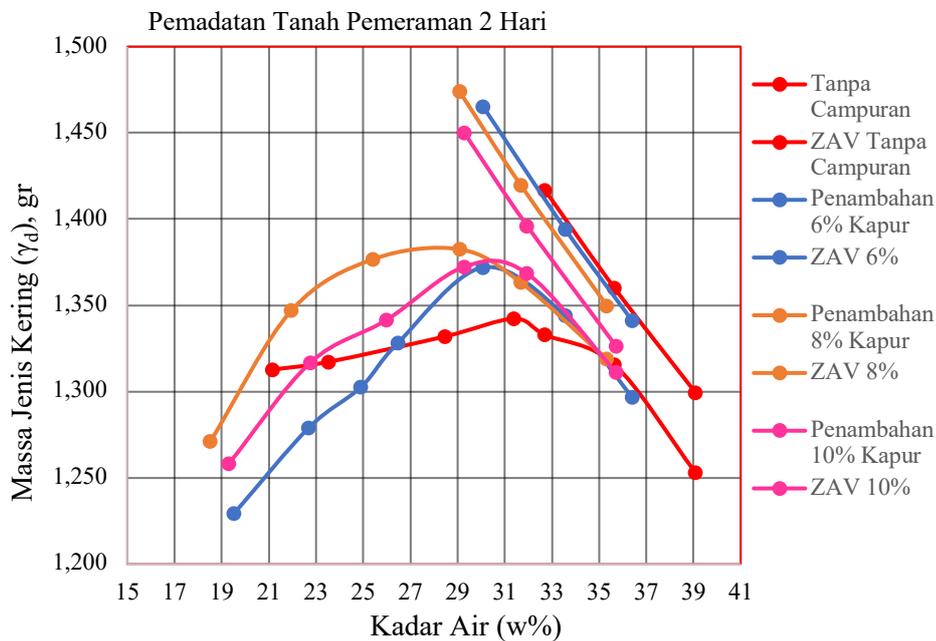
Gambar 2. Hasil uji distribusi ukuran butiran dengan berbagai variasi kapur

Berdasarkan hasil pengujian distribusi ukuran butiran partikel tanah yang ditunjukkan pada Table 5 dapat disimpulkan semakin tinggi presentase penambahan kapur pada tanah mempengaruhi presentase penurunan butiran yang lolos saringan 200. Ketika ditambahkan kapur, butiran tanah mengalami reaksi sementasi atau penggumpalan sehingga memperbesar ukuran butiran tanah. Berdasarkan hasil pengujian distribusi ukuran butiran tanah dengan campuran kapur pada pemeraman 2 dan 7 hari, terjadi perubahan ukuran butiran lolos saringan #200. Jika diklasifikasikan menurut klasifikasi USCS yang ditunjukkan pada Tabel 6, secara garis besar terjadi perubahan butiran dan menyebabkan perubahan klasifikasi yang awalnya lanau berplastisitas tinggi menjadi pasir berlanau.

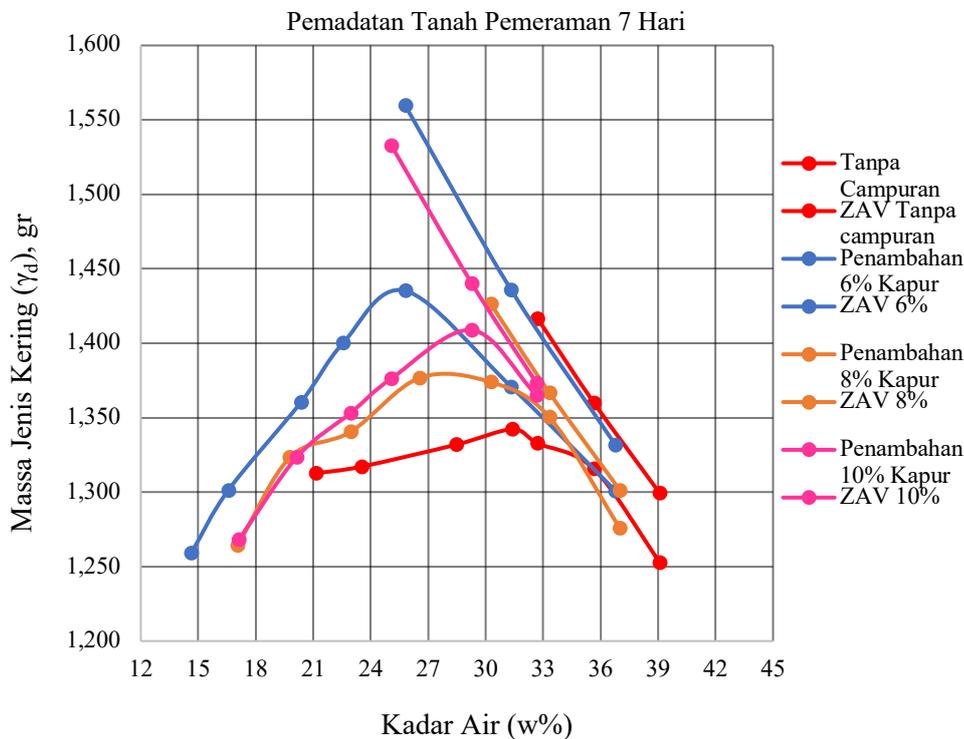
Tabel 6. Klasifikasi USCS

% kapur	Klasifikasi USCS	
	2 hari pemeraman	7 hari pemeraman
tanah + kapur 0%	MH	
tanah + kapur 6%	SM	SM
tanah + kapur 8%	SM	SM
tanah + kapur 10%	SM	SM

4.5 Hasil Uji Pemadatan Tanah Campuran



Gambar 3. Kurva pemadatan tanah dengan berbagai variasi campuran kapur



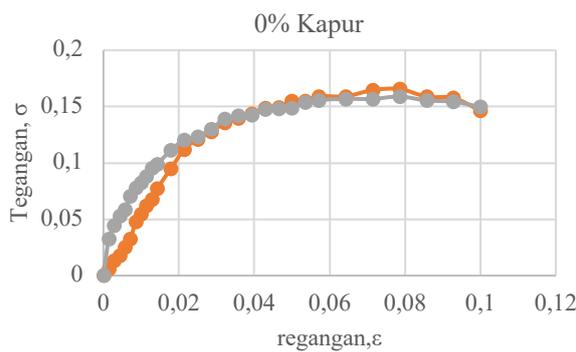
Gambar 4. Kurva pemadatan tanah dengan berbagai variasi campuran kapur

Dari hasil pengujian pemadatan tanah pada Gambar 3 dan 4, menunjukkan pada pengujian kompaksi tanah tanpa campuran diperoleh massa jenis kering maksimum 1,345 gr/cm³ dengan kadar air optimum 31,50%. Uji pemadatan tanah dengan penambahan kapur, massa jenis kering tanah mengalami peningkatan dan terjadi penurunan kadar air optimum, hal ini karena kapur cenderung mengikat air sehingga tanah dapat dipadatkan lebih efektif dan menghasilkan massa jenis kering tanah yang lebih tinggi. Pada penambahan variasi kapur 8% pada waktu pemeraman 2 hari massa

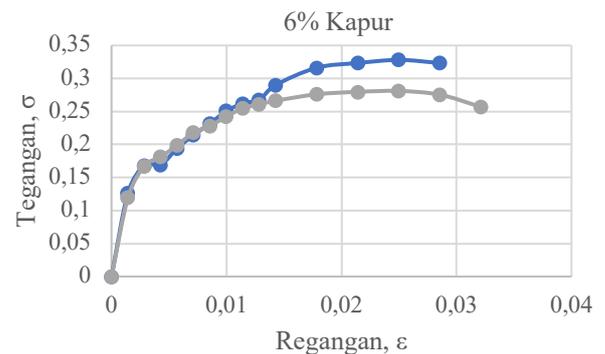
jenis kering maksimum yang diperoleh mencapai 1,382 gr/cm³ dengan kadar air optimum 28,2%. Pada penambahan variasi kapur 6% pada waktu pemeraman 7 hari diperoleh massa jenis kering maksimum yaitu 1,435 gr/cm³ dengan kadar air optimum 25,1%. Uji pemadatan yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan kapur dan pemeraman tanah selama 7 hari dapat meningkatkan massa jenis kering tanah secara signifikan.

4.6 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Campuran

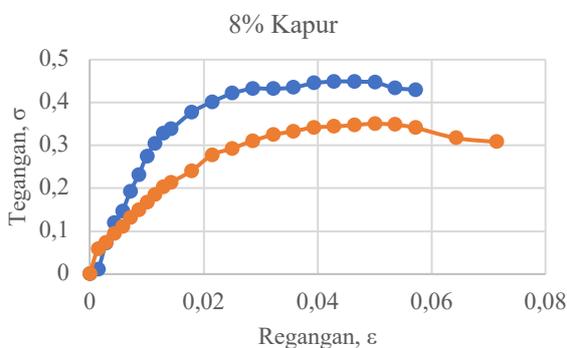
Pada pengujian kuat tekan bebas, hasil pengujian kuat tekan bebas tanah (q_u) rata-rata disajikan pada tabel 8. Pada pengujian ini dua jenis tanah yang diuji yaitu tanah tanpa campuran dan tanah dengan dan jumlah kapur yang berbeda. Berdasarkan uji pemadatan tanah diperoleh massa jenis kering tertinggi pada waktu pemeraman 7 hari. Pada pengujian ini digunakan masing-masing variasi campuran kapur dan diuji dengan 3 sampel tanah pada waktu pemeraman selama 7 hari. Nilai q_u masing-masing campuran kapur ditunjukkan pada Gambar 5, 6, 7, dan 8.



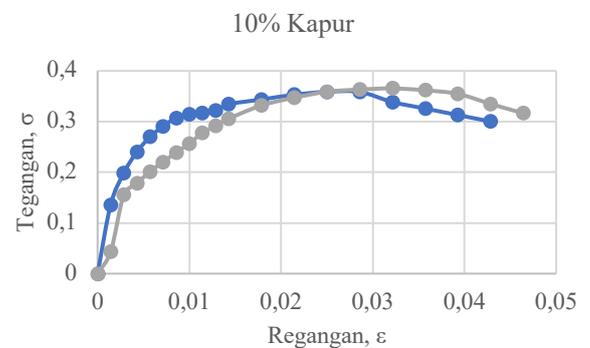
Gambar 5. Hubungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) campuran 0% Kapur



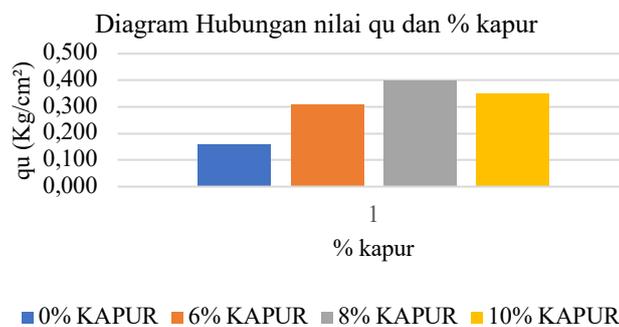
Gambar 6. Hubungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) campuran 6% Kapur



Gambar 7. Hubungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) campuran 8% Kapur



Gambar 8. Hubungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) campuran 10% Kapur



Gambar 9. Diagram nilai q_u dan % kapur

Hasil pengujian kuat tekan bebas pada Gambar 9 membuktikan bahwa kuat tekan bebas meningkat bersamaan dengan bertambahnya kadar kapur maka kuat tekan bebas akan semakin besar. Pada tanah tanpa campuran, nilai q_u adalah $0,193 \text{ kg/cm}^2$. Campuran kapur 6% diperoleh q_u rata-rata $0,310 \text{ kg/cm}^2$, campuran kapur 8% menghasilkan q_u rata-rata sebesar $0,400 \text{ kg/cm}^2$ dan campuran kapur 10% menghasilkan q_u rata-rata sebesar $0,352 \text{ kg/cm}^2$. Pada pengujian ini yang menghasilkan q_u tertinggi yaitu pada penambahan 8% kapur dengan nilai q_u sebesar $0,400 \text{ kg/cm}^2$, peningkatan nilai kuat tekan bebas sebesar 151% dari tanah tanpa campuran. Ketika kadar kapur meningkat kuat tekan bebas tanah menurun yaitu pada kadar kapur 10%. Hal ini terjadi karena kapur membuat butiran tanah dan air menjadi kurang melekat, sehingga tanah lebih mudah runtuh karena tekanan vertikal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan klasifikasi USCS (*unified Soil Classification Sistem*) tanah yang diteliti termasuk Tanah berbutir halus karena butiran tanah yang lolos saringan no.200 sebesar 50,91% lebih besar dari 50%. Berdasarkan grafik klasifikasi USCS tanah ini berada dibawah garis A-line dengan persamaan garis A-line ($0.73(57,87-20)$) diperoleh nilai 27,64% sedangkan nilai indeks plastisitas tanah yaitu 27,57%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah dari Desa Bokoharjo, Sleman, Yogyakarta termasuk lanau berplastisitas tinggi (MH).
2. Semakin banyak penambahan kapur dan Semakin lama pemeraman maka mengakibatkan penurunan nilai indeks plastisitas. Diperoleh nilai indeks plastisitas (IP) tanah terendah yaitu 3,25%.
3. Semakin banyak penambahan kapur persen lolos saringan #200 semakin turun karena adanya penggumpalan. Berdasarkan hasil pengujian distribusi ukuran butiran tanah dengan campuran kapur pada pemeraman 2 dan 7 hari, terjadi perubahan ukuran butiran lolos saringan #200. Jika diklasifikasikan menurut klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 6 secara garis besar terjadi perubahan butiran dan menyebabkan perubahan klasifikasi yang awalnya lanau berplastisitas tinggi menjadi pasir berlanau.
4. Hasil pengujian kuat tekan bebas (q_u) tertinggi yaitu $0,400 \text{ kg/cm}^2$ untuk variasi penambahan kapur 8%, terjadi peningkatan nilai q_u sebesar 151% dari nilai q_u tanah tanpa campuran.

6. SARAN

Dilakukan pengujian dengan menggunakan tanah dari lokasi yang sama dengan bahan stabilisasi yang berbeda dan metode pengujian sama. Pada pengujian distribusi ukuran butiran untuk menganalisis tanah apakah lempung atau lanau dapat dilakukan pengujian analisa saring basah.

DAFTAR PUSTAKA

- Fajria, L. (2016). Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Di Kecamatan Prambanan Kabupaten Sleman Menggunakan Sistem Informasi Geografis (*Measuring Landslide Vulnerability At Sub-District of Prambanan, Region of Sleman Using Geographic Information System*). 3, 1–23.
- Hardiyatmo Hary Cristady. (2017). *Stabilitas Tanah Untuk Perkerasan Jalam* (2017th ed.). Gajah Mada University Press.
- Mubarok Fahdhullah, A. (2021). Pengaruh Dolomite Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai California Bearing Ratio (Cbr) Dan Nilai Swelling (*The Influence Of Dolomite On Clay Soil In Terms Of California Bearing Ratio (Cbr) Value And Swelling Value*). 1.
- Srihandayani, S., Hakam, A., & Mera, M. (2018). 5 th ACE Conference.