Available online https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno

T E K N O

OPEN ACCESS

Volume 24, No. 97, Tahun 2026 p-ISSN: 0215-9617

# Analisis Variasi Pencampuran Kapur Terhadap Kembang Susut Dan Kekuatan Tanah Lempung

Jeremy R. P. Tombiling[#a], Steeva G. Rondonuwu[#b], Lanny D. K. Manaroinsong[#c]

[#]*Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia*
[a]jeremytombilling021@student.unsrat.ac.id, [b]steeva_rondonuwu@unsrat.ac.id, [c]lanny.manaroinsong@unsrat.ac.id

**Abstrak**

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah yang banyak dijumpai di Indonesia dan sering menjadi permasalahan dalam bidang geoteknik karena memiliki sifat fisik dan mekanik yang kurang menguntungkan. Karakteristik utama tanah lempung yang menjadi perhatian adalah tingginya potensi kembang-susut *(swelling-shrinkage)* akibat perubahan kadar air serta rendahnya nilai kekuatan tanah. Perubahan volume yang terjadi pada tanah lempung dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi seperti retak pada perkerasan jalan, penurunan pondasi, deformasi struktur, dan gangguan terhadap stabilitas bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi pencampuran kapur terhadap nilai kembang-susut dan kekuatan tanah lempung serta menentukan persentase kapur yang memberikan hasil paling efektif dalam meningkatkan karakteristik tanah. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium. Sampel tanah lempung yang digunakan terlebih dahulu diuji sifat fisiknya meliputi kadar air, berat jenis, analisis ukuran butir, batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas untuk mengetahui karakteristik awal tanah. Selanjutnya dilakukan proses pencampuran tanah dengan kapur menggunakan beberapa variasi kadar campuran, yaitu 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat kering tanah.

*Kata kunci: tanah lempung, kapur, stabilitasi tanah, kembang susut, kuat tekan bebas (UCS)*

## 1. Pendahuluan

Tanah lempung memiliki sifat khas yang sangat dipengaruhi oleh kadar air. Saat basah, tanah ini mengalami pengembangan (swelling) dan ketika kering, ia mengalami penyusutan (shrinkage). Sifat ini disebut kembang susut, yang dapat menyebabkan pergerakan volume tanah secara drastis. Akibatnya, struktur bangunan yang dibangun di atas tanah lempung berpotensi mengalami kerusakan seperti retak, pergeseran, bahkan keruntuhan pondasi.

Untuk mengatasi permasalahan ini, berbagai metode stabilisasi tanah telah dikembangkan. Salah satu metode yang banyak digunakan karena efisiensinya adalah stabilisasi dengan kapur. Penambahan kapur ke dalam tanah lempung menyebabkan perubahan dalam struktur partikel tanah melalui proses kimia, yang secara umum dapat memperbaiki karakteristik tanah seperti mengurangi plastisitas, meningkatkan kekuatan tekan, serta mengurangi potensi kembang susut.

## 2. Landasan Teori

Tanah lempung adalah jenis tanah yang tersusun atas partikel berukuran sangat halus, dengan ukuran diameter partikel kurang dari 0,002 mm. Karena ukuran partikelnya yang kecil, tanah lempung memiliki luas permukaan spesifik yang besar, yang menyebabkan sifatnya sangat aktif terhadap air dan ion-ion di sekitarnya.

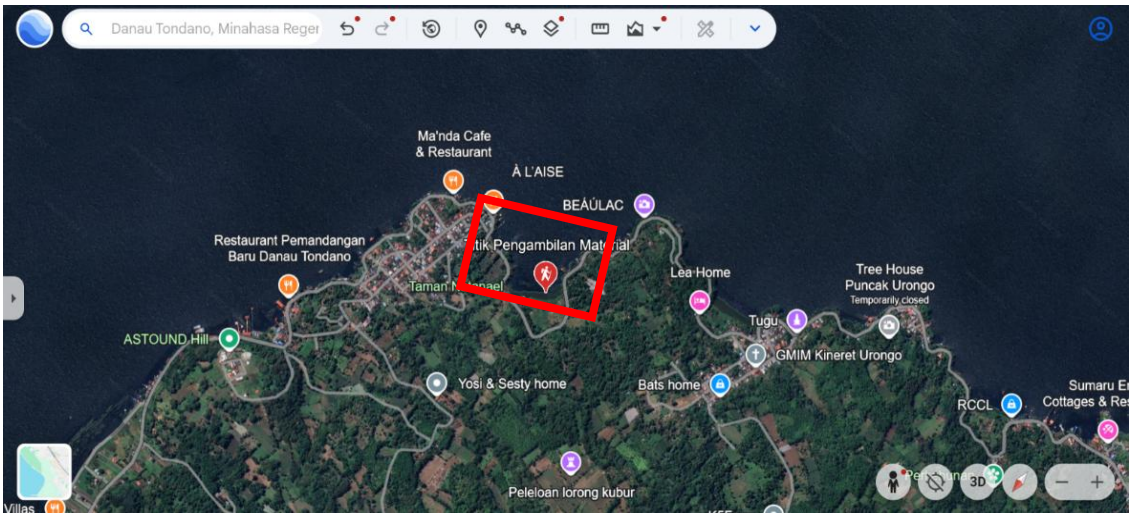
Menurut Joseph E. Bowles, mineral montmorillonit memiliki kemampuan mengembang dan menyusut yang sangat tinggi dibandingkan dengan mineral lempung lainnya. Sementara itu, kaolinit memiliki plastisitas yang lebih rendah dan lebih stabil terhadap perubahan volume. Sifat mekanis tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar air dan struktur tanah. Tanah lempung memiliki kuat geser yang terdiri dari komponen kohesi dan sudut geser dalam. Ketika kadar air

meningkat, kekuatan tanah dapat menurun sehingga dapat menyebabkan penurunan daya dukung tanah.

## 3. Metode Penelitian

### *3.1 Lokasi dan Material*

Material yang digunakan berupa Tanah yang diambil disekitar danau Tondano.




**Gambar 1.** Lokasi Danau Tondano
(*Sumber: Google Earth*)

### *3.2 Variasi Benda Uji*

Benda uji dibuat dengan variasi jumlah kadar: 0%,2%,4%,6% kapur

**Tabel 1.** Varian Sampel Stabilisasi

| KODE UJI | KAPUR (%) | JENIS TANAH | PARAMETER UJI | BERAT TANAH |
|---|---|---|---|---|
| J1 | 0 | Lempung | Kembang Susut | 125 gram |
| J2 | 2 | Lempung + Kapur | Kembang Susut | 125 gram |
| J3 | 4 | Lempung + Kapur | Kembang Susut | 125 gram |
| J4 | 6 | Lempung + Kapur | Kembang Susut | 125 gram |

| KODE UJI | KAPUR (%) | JENIS TANAH | PARAMETER UJI | BERAT TANAH |
|---|---|---|---|---|
| J5 | 0 | Lempung | UCS | 557 gram |
| J6 | 2 | Lempung + Kapur | UCS | 557 gram |
| J7 | 4 | Lempung + Kapur | UCS | 557 gram |
| J8 | 6 | Lempung + Kapur | UCS | 557 gram |

## 4. Hasil dan Pembahasan

### *4.1. Pengujian Pendahuluan*

Pengujian pendahuluan adalah pengujian yang dilakukan sebelum tanah asli distabilisasikan dengan kapur. Pada pengujian ini dilakukan uji sifat fisis tanah dan mekanis kadar air, berat jenis, batas-batas atterberg, dan analisa saringan, serta penentuan klasifikasi tanah yang akan digunakan sebagai benda uji.

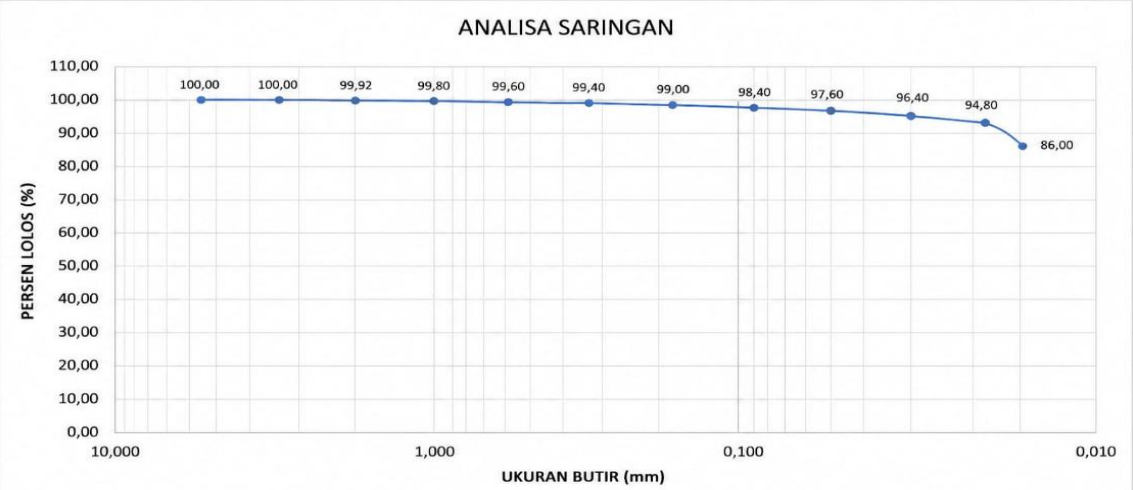
#### *4.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah*

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dengan hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Karakteristik Tanah

| UJI MATERIAL TANAH | | | | |
|---|---|---|---|---|
| KADAR AIR | BERAT JENIS | BATAS-BATAS ATTERBERG | | |
| | | BATAS CAIR (LL) | BATAS PLASTIS (PL) | INDEKS PLASTISITAS (PI) |
| 46,63% | 1,109 gr | 74,11% | 38,89% | 35,22% |

Berdasarkan pada Tabel 2 menunjukkan hasil dari pengujian karakteristik tanah yang digunakan sebagai benda uji pada penelitian ini adalah tanah lempung. Sedangkan hasil analisis saringan ditampilkan dalam kurva distribusi ukuran butiran pada Gambar 2.




| Nomor Saringan | 4 | 8 | 10 | 12 | 16 | 18 | 30 | 40 | 50 | 80 | 100 | 200 | Pan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ukuran Butir (mm) | 2,750 | 2,300 | 2,000 | 1,680 | 1,190 | 1,000 | 0,590 | 0,425 | 0,297 | 0,177 | 0,149 | 0,075 | - |
| Persen Lolos (%) | 100,00 | 100,00 | 99,92 | 99,80 | 99,60 | 99,40 | 99,00 | 98,40 | 97,60 | 96,40 | 94,80 | 86,00 | 0,00 |

**Gambar 2.** Kurva Distribusi Ukuran Butiran

### *4.1.2 Klasifikasi Tanah*

Berdasarkan hasil pengujian Atterberg Limits, tanah memiliki nilai Batas Cair (LL) sebesar 78,010%, Batas Plastis (PL) sebesar 34,524%, dan Indeks Plastisitas (PI) sebesar 43,486%. Nilai PI berada di atas garis A-Line pada Diagram Plastisitas Casagrande, sehingga tanah diklasifikasikan sebagai lempung (Clay). Selain itu, nilai LL yang melebihi 50% menunjukkan bahwa tanah memiliki plastisitas tinggi, dan lolos saringan no 200 <30%. Oleh karena itu, menurut Unified Soil Classification System (USCS), tanah ini termasuk dalam Group Symbol CH (Inorganic Clay of High Plasticity), dan Group Name Fat Clay.

Secara keseluruhan, karakteristik tanah CH menunjukkan bahwa jenis tanah ini memiliki beberapa kelemahan dari sisi rekayasa geoteknik, terutama tingginya plastisitas, besarnya potensi kembang-susut, kompresibilitas yang tinggi, permeabilitas yang rendah, serta rendahnya daya dukung pada kondisi jenuh. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan stabilisasi menggunakan kapur dengan berbagai variasi kadar untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah, sehingga tanah lempung tersebut memiliki stabilitas yang lebih baik dan lebih layak digunakan sebagai tanah dasar pada pekerjaan konstruksi.

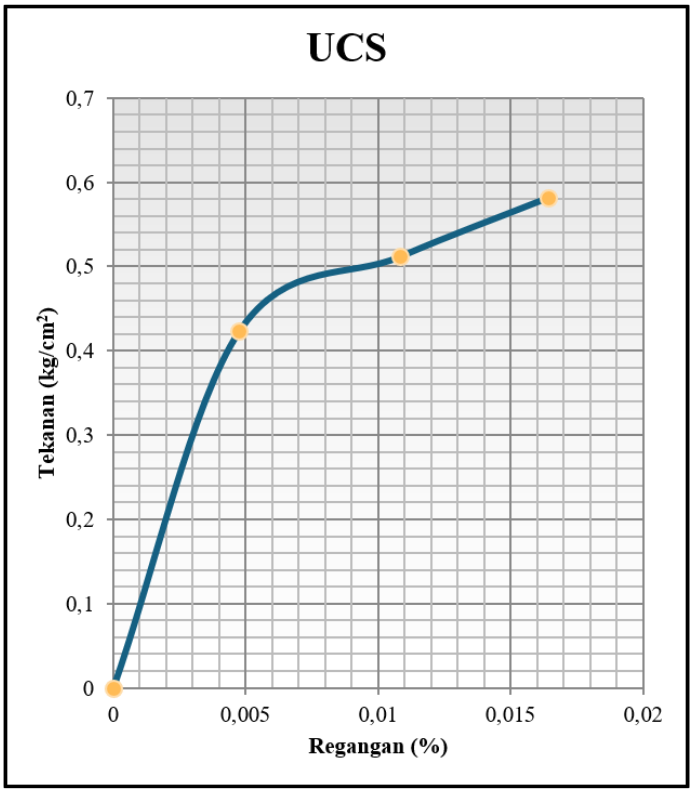
### *4.2 Pengujian UCS*

Penelitian pada tanah asli menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu pembebanan, nilai pemendekan (ΔL), regangan (ε), beban (P), dan tegangan tekan (σ) mengalami peningkatan.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian UCS Tanah Asli

| Waktu (detik) | Pemendekan Tanah | | | Luas Penampang Tanah | | Beban | | Tekanan (σ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pembacaan Arloji (a) | ΔL | Regangan | Koreksi | Luas Koreksi | Pembacaan Arloji (b) | Beban (P) | |
| | | $a \times 10^{-3}$ | $\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$ | $1 - \varepsilon$ | $A = \frac{Ao}{1-\varepsilon}$ | | | $\sigma = \frac{P}{A}$ |
| | | (cm) | | | (cm2) | | (kg) | (kg/cm2) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20,258 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 57 | 0,057 | 0,005 | 0,995 | 20,355 | 46,0 | 8,611 | 0,423 |
| 60 | 130 | 0,13 | 0,011 | 0,989 | 20,480 | 56,0 | 10,483 | 0,512 |
| 90 | 197 | 0,197 | 0,016 | 0,984 | 20,596 | 64,0 | 11,981 | 0,582 |

| Maximum Compressive Strength (qu) | |
|---|---|
| 0,582 | kg/cm2 |
| 57,01 | kPa |



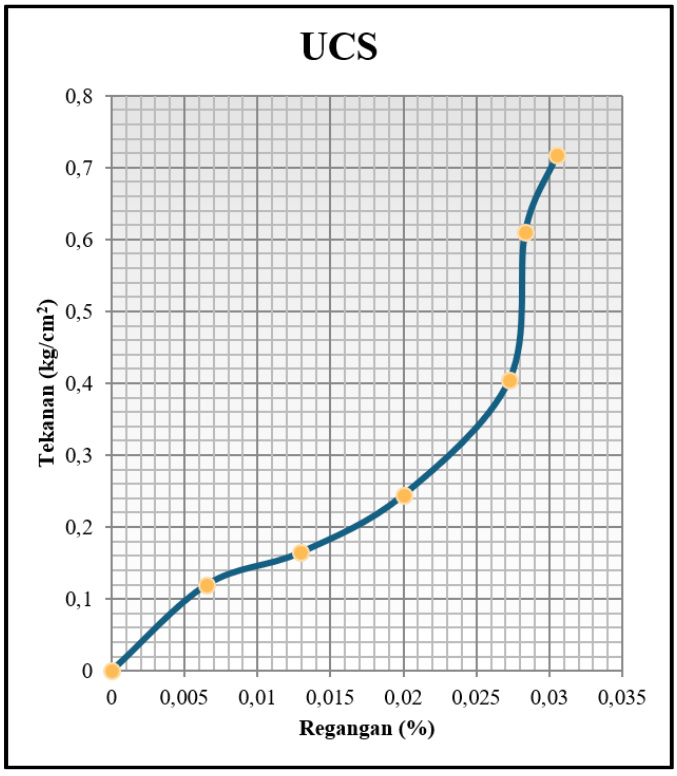

Pada Tabel 3, kondisi awal (0 detik), spesimen belum menerima beban sehingga nilai regangan, beban, dan tegangan masih bernilai nol. Setelah pembebanan selama 30 detik, diperoleh regangan sebesar 0,005, beban sebesar 8,611 kg, dan tegangan tekan sebesar 0,423 kg/cm². Pada 60 detik, regangan meningkat menjadi 0,011 dengan beban 10,483 kg sehingga menghasilkan tegangan tekan sebesar 0,512 kg/cm². Selanjutnya pada 90 detik, regangan mencapai 0,016 dan beban meningkat menjadi 11,981 kg, sehingga diperoleh tegangan tekan maksimum sebesar 0,582 kg/cm² atau setara dengan 57,01 kPa.

Grafik hubungan antara regangan (ε) dan tegangan tekan (σ) menunjukkan bahwa semakin besar regangan yang terjadi pada benda uji, maka tegangan tekan yang diterima juga semakin meningkat.Pada awal pembebanan, kurva mengalami kenaikan yang cukup tajam hingga regangan sekitar 0,005, yang menunjukkan bahwa tanah masih mampu menahan penambahan beban secara signifikan. Setelah itu, kenaikan tegangan berlangsung lebih landai hingga mencapai nilai maksimum sebesar 0,582 kg/cm² pada regangan 0,016.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian UCS 2% Kapur

| Waktu (detik) | Pemendekan Tanah | | | Luas Penampang Tanah | | Beban | | Tekanan (σ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pembacaan Arloji (a) | ΔL | Regangan | Koreksi | Luas Koreksi | Pembacaan Arloji (b) | Beban (P) | |
| | | $a \times 10^{-3}$ | $\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$ | $1 - \varepsilon$ | $A = \frac{Ao}{1-\varepsilon}$ | | | $\sigma = \frac{P}{A}$ |
| | | (cm) | | | (cm2) | | (kg) | (kg/cm2) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20,258 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 78 | 0,078 | 0,007 | 0,994 | 20,391 | 13,0 | 2,434 | 0,119 |
| 60 | 155 | 0,155 | 0,013 | 0,987 | 20,523 | 18,0 | 3,370 | 0,164 |
| 90 | 240 | 0,24 | 0,020 | 0,980 | 20,671 | 27,0 | 5,054 | 0,245 |
| 120 | 327 | 0,327 | 0,027 | 0,973 | 20,826 | 45,0 | 8,424 | 0,405 |
| 150 | 340 | 0,34 | 0,028 | 0,972 | 20,849 | 68,0 | 12,730 | 0,611 |
| 180 | 366 | 0,366 | 0,031 | 0,970 | 20,895 | 80,0 | 14,976 | 0,717 |

| Maximum Compressive Strength (qu) | |
|---|---|
| 0,717 | kg/cm2 |
| 70,24 | kPa |



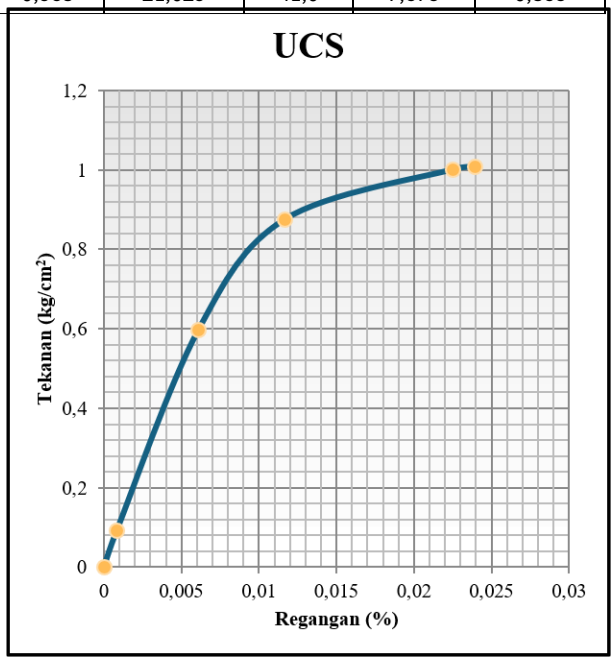

Pada Tabel 4, kondisi awal (0 detik), benda uji belum menerima pembebanan sehingga nilai regangan, beban, dan tegangan masih bernilai nol. Setelah pembebanan selama 30 detik, diperoleh regangan sebesar 0,007 dengan beban 2,434 kg sehingga menghasilkan tegangan tekan sebesar 0,119 kg/cm². Selanjutnya pada 60 detik, tegangan meningkat menjadi 0,164 kg/cm², kemudian bertambah menjadi 0,245 kg/cm² pada 90 detik dan 0,405 kg/cm² pada 120 detik.

Grafik hubungan antara regangan (ε) dan tegangan tekan (σ) menunjukkan bahwa semakin besar regangan yang dialami benda uji, maka semakin besar pula tegangan yang mampu ditahan oleh tanah yang telah distabilisasi dengan 2% kapur. Pada awal pembebanan, peningkatan tegangan berlangsung relatif lambat hingga regangan sekitar 0,013. Setelah itu, kurva mengalami kenaikan yang lebih signifikan, terutama pada rentang regangan 0,027–0,031, yang menunjukkan bahwa benda uji masih mampu menerima tambahan beban sebelum mencapai kondisi maksimum.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian UCS 4% Kapur

| Waktu (detik) | Pemendekan Tanah | | | Luas Penampang Tanah | | Beban | | Tekanan (σ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pembacaan Arloji | ΔL | Regangan | Koreksi | Luas Koreksi | Pembacaan Arloji | Beban (P) | |
| | | $a \times 10^{-3}$ | $\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$ | $1 - \varepsilon$ | $A = \frac{Ao}{1-\varepsilon}$ | | | $\sigma = \frac{P}{A}$ |
| | | (cm) | | | (cm2) | | (kg) | (kg/cm2) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20,258 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 10 | 0,01 | 0,001 | 0,999 | 20,275 | 10,0 | 1,872 | 0,092 |
| 60 | 73 | 0,073 | 0,006 | 0,994 | 20,382 | 65,0 | 12,168 | 0,597 |
| 90 | 140 | 0,14 | 0,012 | 0,988 | 20,497 | 96,0 | 17,971 | 0,877 |
| 120 | 270 | 0,27 | 0,023 | 0,978 | 20,724 | 111,0 | 20,779 | 1,003 |
| 150 | 287 | 0,287 | 0,024 | 0,976 | 20,754 | 112,0 | 20,966 | 1,010 |
| 180 | 360 | 0,36 | 0,030 | 0,970 | 20,885 | 96,0 | 17,971 | 0,861 |
| 210 | 440 | 0,44 | 0,037 | 0,963 | 21,029 | 41,0 | 7,675 | 0,365 |

| Maximum Compressive Strength (qu) | |
|---|---|
| 1,010 | kg/cm2 |
| 99,00 | kPa |



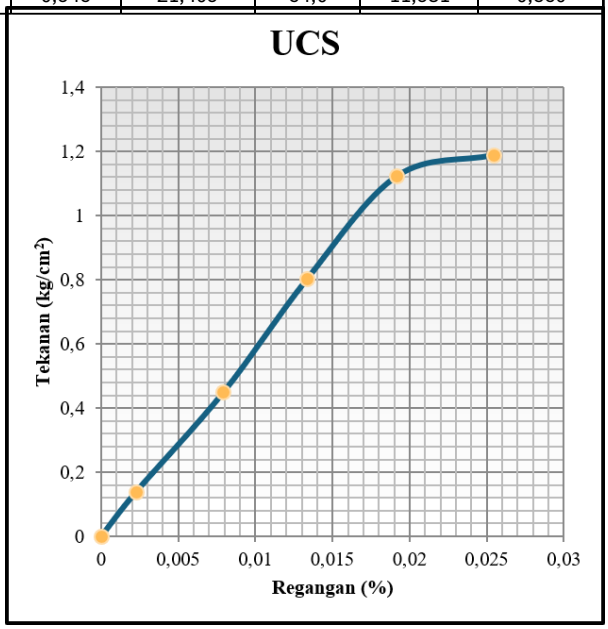

Pada Tabel 5, kondisi awal (0 detik), spesimen belum menerima beban sehingga nilai regangan, beban, dan tegangan masih bernilai nol. Setelah pembebanan selama 30 detik, diperoleh regangan sebesar 0,001 dengan beban 1,872 kg, sehingga menghasilkan tegangan tekan sebesar 0,092 kg/cm². Tegangan kemudian meningkat menjadi 0,597 kg/cm² pada 60 detik dan 0,877 kg/cm² pada 90 detik. Peningkatan masih berlanjut hingga 120 detik, ketika tegangan mencapai 1,003 kg/cm², dan mencapai tegangan maksimum sebesar 1,010 kg/cm² pada 150 detik dengan beban sebesar 20,966 kg dan regangan 0,024. Nilai tersebut merupakan kuat tekan bebas (qu) tanah yang telah distabilisasi dengan penambahan kapur sebesar 4%, atau setara dengan 99,00 kPa.

Grafik hubungan antara regangan (ε) dan tegangan tekan (σ) menunjukkan bahwa tegangan meningkat seiring bertambahnya regangan hingga mencapai nilai maksimum. Pada tahap awal pembebanan, kurva mengalami kenaikan yang cukup tajam, yang menunjukkan bahwa tanah mampu menahan peningkatan beban secara efektif. Kurva kemudian mulai melandai ketika regangan mendekati 0,023–0,024, menandakan bahwa benda uji telah mendekati kapasitas maksimum dalam menahan beban. Tegangan maksimum dicapai pada regangan sekitar 0,024, yaitu sebesar 1,010 kg/cm² (99,00 kPa). Setelah mencapai titik puncak, grafik menunjukkan penurunan tegangan, yang merupakan ciri bahwa spesimen telah mengalami keruntuhan akibat pembebanan yang terus bertambah.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian UCS 6% Kapur

| Waktu (detik) | Pemendekan Tanah | | | Luas Penampang Tanah | | Beban | | Tekanan (σ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pembacaan Arloji | ΔL | Regangan | Koreksi | Luas Koreksi | Pembacaan Arloji | Beban (P) | |
| | | $a \times 10^{-3}$ | $\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$ | $1-\varepsilon$ | $A = \frac{Ao}{1-\varepsilon}$ | | | $\sigma = \frac{P}{A}$ |
| | | (cm) | | | (cm2) | | (kg) | (kg/cm2) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20,258 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 27 | 0,027 | 0,002 | 0,998 | 20,304 | 15,0 | 2,808 | 0,138 |
| 60 | 95 | 0,095 | 0,008 | 0,992 | 20,420 | 49,0 | 9,173 | 0,449 |
| 90 | 160 | 0,16 | 0,013 | 0,987 | 20,532 | 88,0 | 16,474 | 0,802 |
| 120 | 230 | 0,23 | 0,019 | 0,981 | 20,654 | 124,0 | 23,213 | 1,124 |
| 150 | 305 | 0,305 | 0,025 | 0,975 | 20,786 | 132,0 | 24,710 | 1,189 |
| 180 | 390 | 0,39 | 0,033 | 0,968 | 20,939 | 115,0 | 21,528 | 1,028 |
| 210 | 480 | 0,48 | 0,040 | 0,960 | 21,102 | 90,0 | 16,848 | 0,798 |
| 240 | 565 | 0,565 | 0,047 | 0,953 | 21,259 | 74,0 | 13,853 | 0,652 |
| 270 | 645 | 0,645 | 0,054 | 0,946 | 21,409 | 64,0 | 11,981 | 0,560 |

| Maximum Compressive Strength (qu) | |
|---|---|
| 1,189 | kg/cm2 |
| 116,50 | kPa |

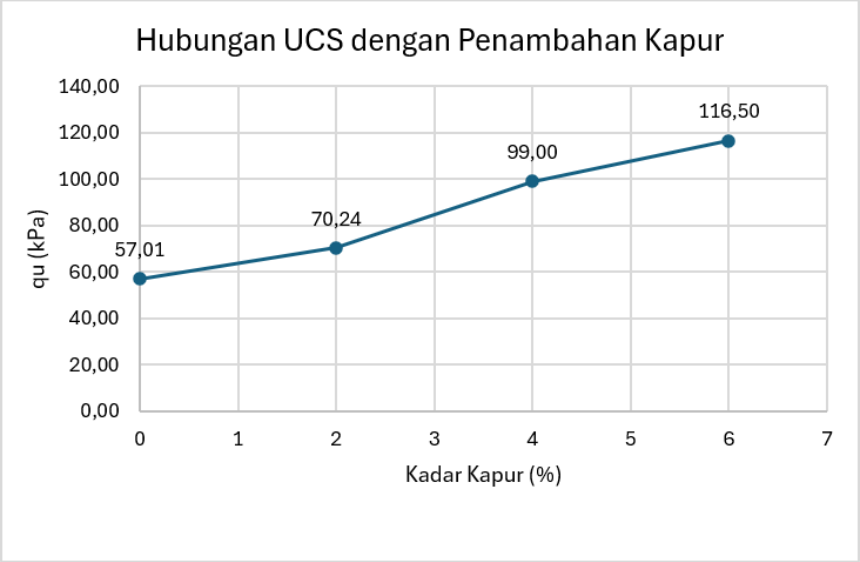



Pada Tabel 6, kondisi awal (0 detik), spesimen belum menerima pembebanan sehingga nilai regangan, beban, dan tegangan bernilai nol. Setelah pembebanan selama 30 detik, diperoleh regangan sebesar 0,002 dengan beban 2,808 kg, sehingga menghasilkan tegangan tekan sebesar 0,138 kg/cm². Selanjutnya, tegangan meningkat menjadi 0,449 kg/cm² pada 60 detik, 0,802 kg/cm² pada 90 detik, dan 1,124 kg/cm² pada 120 detik. Nilai tegangan terus meningkat hingga mencapai kuat tekan bebas maksimum (qu) sebesar 1,189 kg/cm² atau 116,50 kPa pada 150 detik, dengan beban maksimum 24,710 kg dan regangan sebesar 0,025. Nilai ini merupakan nilai UCS tertinggi yang diperoleh pada variasi campuran kapur hingga 6%. Setelah mencapai tegangan maksimum, nilai tegangan mulai menurun menjadi 1,028 kg/cm² pada 180 detik, kemudian turun menjadi 0,798 kg/cm² pada 210 detik, 0,652 kg/cm² pada 240 detik, dan 0,560 kg/cm² pada 270 detik.

Grafik hubungan antara regangan (ε) dan tegangan tekan (σ) menunjukkan bahwa nilai tegangan meningkat seiring bertambahnya regangan hingga mencapai tegangan maksimum. Pada tahap awal pembebanan, kurva mengalami kenaikan yang cukup tajam, yang menandakan bahwa tanah mampu menahan peningkatan beban secara efektif. Seiring bertambahnya regangan, kenaikan tegangan mulai melandai hingga mencapai nilai maksimum sebesar 1,189 kg/cm² (116,50 kPa) pada regangan sekitar 0,025. Kondisi ini menunjukkan bahwa spesimen telah mencapai kapasitas maksimum dalam menahan beban tekan. Setelah titik puncak tercapai, data

pada tabel menunjukkan bahwa tegangan mengalami penurunan walaupun regangan terus bertambah.

Nilai kuat tekan bebas tanah asli tanpa penambahan kapur (0%) sebesar 57,01 kPa. Setelah dilakukan penambahan kapur sebesar 2%, nilai UCS meningkat menjadi 70,24 kPa, atau mengalami peningkatan sekitar 23,2% dibandingkan tanah asli. Pada campuran 4% kapur, nilai UCS kembali meningkat menjadi 99,00 kPa, atau sekitar 41,0% lebih tinggi dibandingkan campuran 2%, dan sekitar 73,7% lebih tinggi dibandingkan tanah asli. Selanjutnya, pada campuran 6% kapur, nilai UCS mencapai 116,50 kPa, yang merupakan nilai tertinggi dalam penelitian ini. Dibandingkan tanah asli, peningkatan kuat tekan bebas mencapai sekitar 104,4%, sedangkan dibandingkan campuran 4% meningkat sekitar 17,7%.




**Gambar 3.** Hubungan UCS dengan Penambahan Kapur

### *4.3 Pengujian Kembang Susut*

Pengujian kembang susut menunjukkan bahwa penambahan kapur memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai kembang susut tanah lempung.

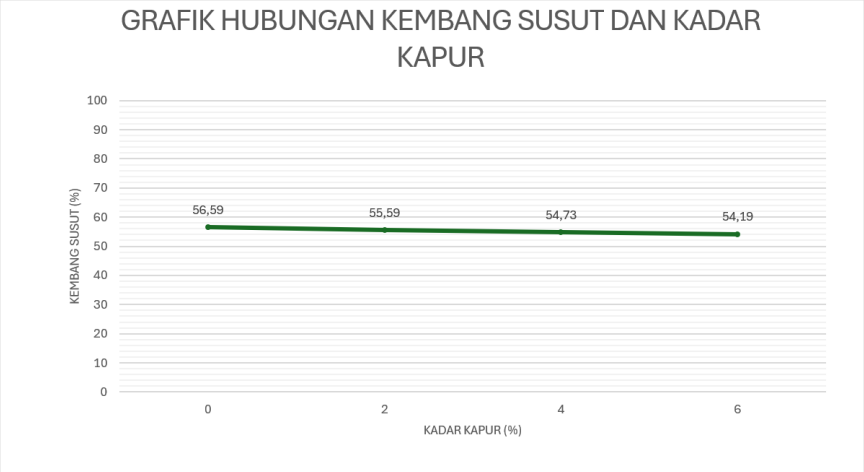
**Tabel 7.** Hasil Pengujian Kembang Susut + Kapur

| KADAR KAPUR (%) | ΔV ($cm^3$) | V0 ($cm^3$) | KS (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 47,03 | 83,11 | 56,59 |
| 2 | 46,20 | 83,11 | 55,59 |
| 4 | 45,49 | 83,11 | 54,73 |
| 6 | 45,04 | 83,11 | 54,19 |

Berdasarkan hasil pada Tabel 7, untuk tanah asli tanpa penambahan kapur (0%), diperoleh perubahan volume (ΔV) sebesar 47,03 $cm^3$ dengan volume awal ($V_0$) sebesar 83,11 $cm^3$, sehingga diperoleh nilai kembang susut (KS) sebesar 56,59%. Setelah dilakukan penambahan kapur sebesar 2%, perubahan volume menurun menjadi 46,20 $cm^3$ sehingga nilai kembang susut berkurang menjadi 55,59%. Pada variasi 4% kapur, perubahan volume kembali menurun menjadi 45,49 $cm^3$ dengan nilai kembang susut sebesar 54,73%. Penurunan terbesar diperoleh pada variasi 6% kapur, di mana perubahan volume menjadi 45,04 $cm^3$ dan nilai kembang susut turun menjadi 54,19%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kadar kapur yang ditambahkan, semakin kecil perubahan volume yang terjadi pada tanah sehingga nilai kembang susut juga semakin menurun. Penurunan ini menunjukkan bahwa stabilisasi menggunakan kapur mampu mengurangi sifat mengembang dan menyusut pada tanah lempung. Secara keseluruhan, nilai kembang susut mengalami penurunan dari 56,59% pada tanah asli menjadi 54,19% pada campuran 6% kapur, atau mengalami penurunan sekitar 4,24% dibandingkan kondisi awal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kapur efektif dalam meningkatkan kestabilan volume tanah.

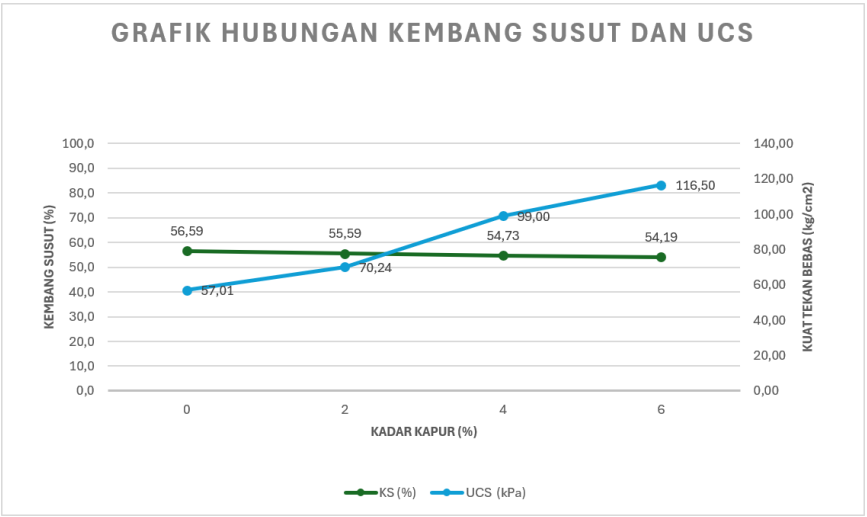
Penurunan nilai kembang susut tersebut menunjukkan bahwa penambahan kapur mampu mengurangi perubahan volume tanah akibat proses pembasahan dan pengeringan. Kapur bereaksi dengan mineral lempung melalui proses flokulasi dan aglomerasi, sehingga partikel-partikel tanah bergabung membentuk agregat yang lebih stabil.




**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kembang Susut dan Kadar Kapur

Pada grafik dalam Gambar 4 terlihat bahwa nilai kembang susut mengalami kecenderungan menurun seiring dengan bertambahnya kadar kapur. Kurva menunjukkan penurunan yang relatif bertahap dari 56,59% pada tanah asli menjadi 55,59% pada campuran 2% kapur, kemudian turun menjadi 54,73% pada campuran 4% kapur, dan mencapai nilai terendah yaitu 54,19% pada campuran 6% kapur.

Hubungan antara nilai kembang susut (KS) dan kuat tekan bebas (Unconfined Compressive Strength/UCS) pada setiap variasi kadar kapur yang digunakan. Seiring dengan bertambahnya kadar kapur dari 0%, 2%, 4%, hingga 6%, nilai kembang susut mengalami penurunan, sedangkan nilai kuat tekan bebas mengalami peningkatan.




**Gambar 5.** Grafik Hubungan Kembang Susut dan UCS

Gambar 5 menunjukkan bahwa kedua parameter memiliki kecenderungan yang saling berlawanan. Garis kembang susut (KS) menunjukkan tren menurun seiring bertambahnya kadar kapur, sedangkan garis UCS menunjukkan tren meningkat.

## *4.4 Pembahasan*

Berdasarkan hasil pengujian pada kadar kapur 0%, tanah memiliki nilai kembang susut tertinggi (56,59%) dan nilai kuat tekan bebas terendah (57,01 kPa). Setelah penambahan kapur sebesar 2%, nilai kembang susut mulai berkurang menjadi 55,59%, sedangkan nilai UCS

meningkat menjadi 70,24 kPa. Tren yang sama terus berlanjut pada kadar kapur 4% dan 6%, di mana nilai kembang susut semakin kecil, sementara nilai UCS semakin besar hingga mencapai 116,50 kPa.

Hubungan tersebut menunjukkan bahwa penambahan kapur tidak hanya meningkatkan kekuatan tanah, tetapi juga memperbaiki stabilitas volumenya. Penurunan nilai kembang susut terjadi karena kapur mengurangi kemampuan mineral lempung menyerap air dan mengalami perubahan volume. Di sisi lain, reaksi flokulasi, aglomerasi, dan reaksi pozzolanik menghasilkan senyawa pengikat seperti Calcium Silicate Hydrate (C-S-H) dan Calcium Aluminate Hydrate (C-A-H) yang memperkuat ikatan antarpartikel tanah. Akibatnya, struktur tanah menjadi lebih padat, lebih stabil, dan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, memperlihatkan adanya korelasi negatif antara kembang susut dan kuat tekan bebas. Semakin rendah nilai kembang susut, semakin tinggi nilai UCS yang diperoleh. Dengan demikian, penambahan kapur terbukti efektif dalam memperbaiki sifat fisik maupun sifat mekanis tanah lempung

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian Hasil pengujian kembang susut menunjukkan bahwa penambahan kapur mampu mengurangi nilai kembang susut tanah lempung. Seiring dengan meningkatnya kadar kapur, nilai kembang susut mengalami penurunan. Pada variasi kadar kapur 0%, 2%, 4%, dan 6%, diperoleh nilai kembang susut berturut-turut sebesar 56,59%, 55,59%, 54,73%, dan 54,19%. Penurunan nilai kembang susut ini terjadi karena penambahan kapur menyebabkan partikel-partikel lempung mengalami proses flokulasi dan aglomerasi, sehingga struktur tanah menjadi lebih stabil dan rongga antarpartikel berkurang. Selama proses pengujian juga terlihat bahwa volume tanah cenderung semakin kecil pada setiap penambahan variasi kapur, yang menunjukkan bahwa kapur mampu mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air dan mengembang.
2. Hasil pengujian kuat tekan bebas (Unconfined Compressive Strength/UCS) menunjukkan bahwa penambahan kapur meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah lempung. Nilai kuat tekan bebas (qu) pada variasi kadar kapur 0%, 2%, 4%, dan 6% berturut-turut sebesar 57,01 kPa, 70,24 kPa, 99,00 kPa, dan 116,50 kPa. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penambahan kapur mampu memperkuat ikatan antarpartikel tanah melalui reaksi pozzolanik yang menghasilkan senyawa sementasi. Selama pengujian juga diamati bahwa volume benda uji menjadi lebih kecil pada setiap penambahan kadar kapur. Berkurangnya volume tanah menunjukkan bahwa struktur tanah menjadi lebih padat sehingga menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan tanah tanpa penambahan kapur.
3. Berdasarkan hasil kedua pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan kapur memberikan pengaruh positif terhadap sifat teknik tanah lempung. Semakin tinggi kadar kapur yang ditambahkan hingga variasi 6%, semakin kecil nilai kembang susut dan semakin besar nilai kuat tekan bebas yang diperoleh. Selain itu, penambahan kapur menyebabkan volume tanah semakin berkurang pada setiap variasi, yang mengindikasikan bahwa struktur tanah menjadi lebih rapat dan stabil akibat berkurangnya rongga antarpartikel. Dengan demikian, kapur terbukti efektif sebagai bahan stabilisasi tanah lempung karena mampu meningkatkan kekuatan tanah, mengurangi potensi kembang susut, serta memperbaiki struktur tanah sehingga lebih baik dalam mendukung konstruksi.

## Referensi

Felina G.A; Rondonuwu S.G; Manaroinsong L.D.K; 2019, Analisis Deformasi Lempung Lunak Melalui Cyclic Loading Test. Jurnal Sipil Statik, Vol 7, No 10 (2019)

Hamzani; 2017, Pengaruh Campuran Kapur dan Abu Jerami Guna Meningkatkan Kuat Geser Tanah Lempung. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil, Vol 6, No 2 (2017)

Haras M; Turangan A.E; Legrans R.R.I; 2016, Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung. TEKNO.

Jalil A; 2021, Studi Campuran Kapur pada Tanah Lempung Terhadap Permeabilitas dan Kecepatan Konsolidasi. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil, Vol 11, No 1 (2021)

Kaharu F; Waani J.E; Sompie O.B.A; 2022, Pengaruh Penambahan Zeolit Karakteristik Geoteknik

Tanah Ekspansif yang Distabilisasi Semen. Jurnal SOSTECH.
Palar H; Monintja S; Turangan A.E; Sarajar A.N; 2016, Pengaruh Pencampuran Tras dan Kapur pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung. Jurnal Sipil Statik.
Pinansang D.B; Sompie O.B.A; Jansen F; 2016, Analisis Campuran Kapur–Fly Ash dan Kapur–Abu Sekam Padi Terhadap Lempung Ekspansif. Media Engineering, Vol 6, No 3 (2016)
Ri; 2024, Pengaruh Perbandingan Kapur dan Abu Ampas Tebu Sebagai Perbaikan Tanah Lempung. Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology.
Rondonuwu S.G; 2020, Mekanika Tanah 1. Manado: Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
Sompie O.B.A; Mandagi A.T; 2017, Pengaruh Campuran Kapur dan Abu Ampas Tebu pada Kekuatan Tanah Lempung Kairagi Terhadap Nilai CBR. TEKNO.
Effect of lime sludge and fly ash on unconfined compression and linear shrinkage behavior of kaolinite clay. 2020. In Sustainable Environment and Infrastructure Conference Proceedings. Springer.
Relationship between strength development and pozzolanic reactions in lime stabilized kaolinite. 2024. International Journal of Geo-Engineering.