



## EVALUASI PENGARUH KAPUR TERHADAP KEKUATAN DAN STABILITAS TANAH LEMPUNG

Ferly Indra Putra<sup>1</sup> Muh. Sarkowi<sup>2</sup> Herry Wardono

<sup>1</sup>Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Ogan Komering Ilir

<sup>1</sup>Jalan Letkol. Pol. H. Nawawi No. 96-97, Kota Kayuagung, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan

<sup>2</sup>Program Profesi Insinyur Universitas Lampung, Bandar Lampung

### INFORMASI ARTIKEL

### ABSTRAK

#### Riwayat artikel:

Diterbitkan : 24 Agustus 2023

#### Kata kunci:

Stabilisasi  
Tanah  
Lempung,  
Kapur  
Pemeraman.

Evaluasi pengaruh kapur terhadap kekuatan dan stabilitas tanah lempung penting dalam menentukan metode perbaikan tanah yang efektif untuk konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan kapur (CaO) terhadap kekuatan dan stabilitas tanah lempung dengan mempertimbangkan variasi kadar kapur dan waktu pemeraman. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi kadar kapur dan waktu pemeraman untuk menentukan kombinasi optimal yang memberikan peningkatan karakteristik mekanik tanah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan 5% kapur dengan waktu pemeraman 14 hari mampu meningkatkan kuat tekan bebas (qu) hingga 152% dibandingkan dengan tanah asli. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kapur secara signifikan memperbaiki stabilitas tanah lempung melalui reaksi pozzolanik yang meningkatkan ikatan antar partikel tanah. Oleh karena itu, stabilisasi menggunakan kapur dapat menjadi solusi yang efektif dalam perbaikan tanah untuk keperluan konstruksi.

### 1. Pendahuluan

Jalan merupakan elemen utama dalam sistem transportasi yang berperan penting dalam mobilisasi manusia dan barang. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan transportasi, infrastruktur jalan yang stabil dan berkualitas menjadi faktor krusial dalam mendukung kelancaran aktivitas sehari-hari. Salah satu aspek yang sangat mempengaruhi kualitas jalan adalah kondisi tanah yang digunakan sebagai dasar konstruksi perkerasan jalan. Tanah dengan daya dukung yang rendah dapat menyebabkan berbagai permasalahan teknis dalam konstruksi, seperti penurunan tanah, retakan, hingga kegagalan struktural yang berakibat pada penurunan umur layanan jalan.

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah dengan daya dukung rendah yang sering ditemukan di berbagai wilayah, termasuk di Indonesia. Tanah ini memiliki karakteristik plastisitas tinggi, yang membuatnya rentan mengalami perubahan volume akibat fluktuasi kadar air. Ketika kadar air meningkat, tanah lempung dapat mengembang, sedangkan saat

mengering, tanah dapat menyusut secara drastis. Perubahan ini dapat menyebabkan ketidakstabilan pada struktur yang berdiri di atasnya, sehingga meningkatkan risiko kerusakan pada konstruksi. Oleh karena itu, diperlukan metode perbaikan tanah agar tanah lempung dapat memenuhi persyaratan teknis yang dibutuhkan dalam pembangunan infrastruktur.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk meningkatkan stabilitas tanah adalah stabilisasi tanah dengan bahan tambahan, seperti kapur (CaO). Kapur bereaksi dengan tanah dan air melalui proses kimia yang dapat memperbaiki sifat mekanik dan fisik tanah. Reaksi antara kapur dan mineral tanah lempung menghasilkan kalsium silikat yang memperkuat struktur tanah, mengurangi sifat ekspansifnya, dan meningkatkan daya dukungnya. Dengan demikian, tanah yang telah distabilisasi dengan kapur menjadi lebih tahan terhadap perubahan kadar air dan lebih stabil untuk digunakan sebagai lapisan dasar konstruksi jalan. Metode stabilisasi dengan kapur telah banyak diterapkan dalam berbagai proyek pembangunan infrastruktur, terutama

\*Penulis korespondensi.

E-mail: [ferlysingadilaga@gmail.com](mailto:ferlysingadilaga@gmail.com)

untuk meningkatkan kualitas tanah dasar pada konstruksi jalan dan bangunan.

Dalam penelitian ini, kapur aktif (CaO) digunakan sebagai bahan stabilisasi untuk tanah lempung ekspansif yang berasal dari daerah Kayu Agung. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan variasi kadar kapur sebesar 1%, 5%, 10%, 13%, dan 15%, dengan waktu pemeraman selama 0, 5, 7, 12, dan 14 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas kapur dalam meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah lempung serta menentukan kombinasi optimal kadar kapur dan waktu pemeraman. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang lebih efektif dalam perbaikan tanah lempung, sehingga dapat diterapkan dalam proyek konstruksi yang menghadapi permasalahan tanah dengan karakteristik serupa.

1.1 Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. (Braja M Das, 1988) Tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose) yang terletak di atas batu dasar (bedrock) (Hardiyatmo, H.C., 2006, hal 1).

Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat tanah ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh karbonat dan oksida yang tersenyawa diantara partikel- partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik. Bila hasil dari pelapukan tersebut berada pada tempat semula maka bagian ini disebut sebagai tanah sisa (residu soil). Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (transportation soil). Media pengangkut tanah berupa gravitasi, angin, air, dan gletsyer. Pada saat akan berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel – partikel dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran.

Semua macam tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir- butir tersebut. Ruangan ini disebut pori (voids). Apabila tanah sudah benar - benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya, keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli di lapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita ambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan di dalam oven (Wesley, L.D. 1977, Hal 1). Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan untuk mendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar ( Subgrade ).

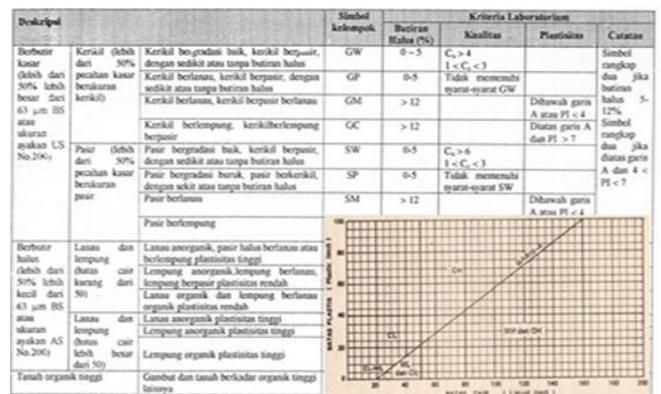
1.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok - kelompok dan sub-kelompok sub-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi

memberikan suatu bahasa yang mudah unuk menjelaskan secara mudah sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

1.2.1 Unified

Sistem klasifikasi unified pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh The Army Corps of Engginer selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan United States Bureau of Reclamation tahun 1952 , system ini disempurnakan. Pada masa kini, system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem klasifikasi unified mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu Tanah berbutir kasar dan Tanah berbutir halus (**Gambar 1**).



Gambar 1. Sistem Klasifikasi Unified

1.2.2 AASHTO

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar , yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan dalam tahun 1929 oleh Public Road Administration Classification System. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan: versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board dalam tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145) (**Gambar 2**).

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)						Bahan-bahan lanau lempung (lebih dari 35% lolos No.200)			
	A-1		A-3	A-2		A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Analisa saringan										
Persentase Pasir										
No. 10										
No. 40										
No. 200										
Karakteristik										
Fraksi yang lolos No. 40										
Batas cair										
Indeks plastisitas										
Jenis umum										
Tingkat sebagai tanah dasar										

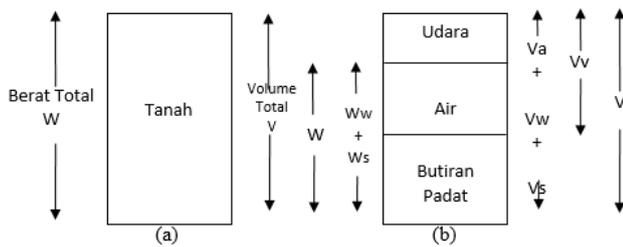
Catatan : Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7.5- <LL - 30, sedang Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7.5- > LL - 30 .

**Gambar 2.** Sistem Klasifikasi AASHTO

Jenis Mineral	Nilai
Montmorrillonite	Tanah lempung dengan nilai aktivitasnya $(A) \geq 7,2$
Illite	Tanah lempung dengan nilai aktivitasnya $(A) \geq 0,9$
Kaolinite	Tanah lempung dengan nilai aktivitasnya $(A) \geq 0,38$
Polygorskite	Tanah lempung dengan nilai aktivitasnya $(A) < 0,38$

1.3 Sifat Fisik Tanah

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda, tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori. Tanah yang jenuh sempurna (fully saturated) juga terdiri dari dua fase, yaitu partikel padat dan air pori. Sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase, yaitu partikel padat, udara pori dan air pori. Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Tiga Fase Elemen Tanah

**Gambar 3(a)** menunjukkan suatu elemen tanah dengan volume  $V$  dan berat  $W$ . Untuk membuat hubungan volume-berat agregat tanah, tiga fase (yaitu: butiran padat, air, dan udara) dipisahkan seperti ditunjukkan dalam gambar 3(b).

Jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_u = V_s + V_w + V_a$$

Keterangan :

$V_s$  = volume butiran padat

$V_u$  = volume pori

$V_w$  = volume air dalam pori

$V_a$  = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai :

$$W = W_s + W_w$$

Keterangan :

$W_s$  = berat butiran padat

$W_w$  = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori ( void ratio ), porositas ( porosity ), dan derajat kejenuhan ( degree of saturation ). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Jadi :

$$e = \frac{V_w}{V_s}$$

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total , atau :

$$n = \frac{V_v}{V}$$

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

**Tabel 1.** Jenis mineral dan nilai aktivitas

1.3.1 Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan.

Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi pada, plastis dan cair. Kadar air, dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*).

Kadar air dimana transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastis limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*), batas-batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*).

1.3.2 Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah merupakan metode yang digunakan memperbaiki suatu sifat tanah yang buruk dengan beberapa bahan tambah yang mampu mempengaruhi sifat buruk tanah tersebut menjadi lebih baik. Biasanya tanah lempung yang menjadi penyebab kerusakan jalan berbagai daerah di Indonesia. Metode stabilisasi yang sangat populer di Indonesia yaitu stabilisasi dengan bahan campuran semen, kapur, fly ash dan bahan kimia lainnya yang disebut bitumen (Adha, 2011). Karakteristik tanahnya yang mudah dipengaruhi oleh kadar air membuat tanah lempung memiliki daya dukung tanah rendah dan kembang-susut tanah tinggi. Dari sifat tanah lempung yang seperti itu perlu dilakukan stabilisasi guna memperbaiki sifat tanah yang menjadi subgrade jalan. (Abdurrozak dan mufti, 2017).

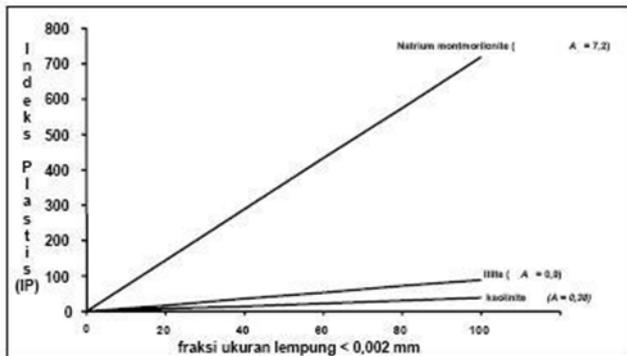
Stabilisasi tanah lempung menggunakan bahan aditif seperti Kapur (CaO) sebagai bahan tambah pada lapisan pondasi dasar tanah jalan (subgrade) di daerah Jalan Soekarno-Hatta, Palembang. Bahan tambah campuran dengan tujuan untuk memperbaiki karakteristik tanah dan meningkatkan kekuatan daya dukung tanah subgrade perkerasan jalan.

1.4 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah tanah lunak dengan nilai daya dukung tanahnya rendah dan angka pori yang lebih besar sehingga pada suatu kondisi dimana tingkat muka air tinggi membuat sifat kembang dan susut tanah menjadi besar dan

plastisitas tanah juga akan menjadi tinggi. (Rangan dan Arrang, 2021). Kondisi ini akan mengakibatkan kontruksi bangunan di atasnya (jalan raya) tidak optimal atau cepat mengalami kerusakan (Upa dan Hakim, 2019). Seperti retakretak dan bergelombangnya suatu perkerasan suatu jalan pada umumnya disebabkan oleh sifat fisik tanah yang kurang baik (Ramadhan dkk, 2020). Sehingga sangat penting untuk kita amati permasalahannya yang disebabkan oleh sifat tanah ini supaya dapat dilakukan upaya perbaikan pada kontruksi tersebut (Abdurozak dan mufti, 2017)

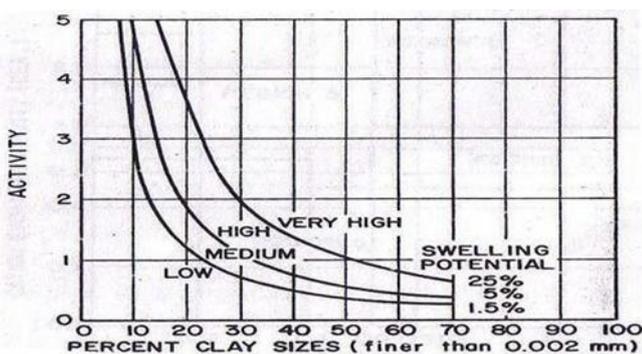
**Tabel 1.** Klasifikasi Mineral Lempung



**Gambar 4.** Variasi Indeks Plastisitas dengan persen fraksi Lempung

*Swelling Potensial* atau kemampuan mengembang tanah dipengaruhi oleh nilai aktivitas tanah. Setiap tanah lempung memiliki nilai aktivitas yang berbeda-beda.

- *Low/Rendah* : Tanah yang memiliki nilai *Swelling Potensial*  $\leq 1,5\%$
- *Medium/Sedang* : Tanah yang memiliki nilai *Swelling Potensial*  $>1,5\%$  dan  $\leq 5\%$
- *High/Tinggi* : Tanah yang memiliki nilai *Swelling Potensial*  $>5\%$  dan  $\leq 25\%$
- *Very High/sangat Tinggi*: Tanah yang memiliki nilai *Swelling Potensial*  $>25\%$
- Flokulasi dan Disversi



**Gambar 5.** Grafik Hubungan antar persentase butiran lempung dengan aktivitas

Jika mineral lempung terkontaminasi oleh zat yang tidak memiliki bentuk tertentu atau bersifat non-kristalin (*amorf*), maka daya negatif netto, ion-ion  $H^+$  dalam air, gaya *Van der Waals*, serta partikel berukuran kecil akan saling menarik dan berinteraksi dalam larutan tanah dan air. Sebagian partikel yang tertarik akan membentuk flok (*flock*) dengan orientasi acak atau membentuk struktur yang lebih besar, yang kemudian dengan cepat mengendap dan membentuk sedimen yang longgar.

Proses flokulasi dalam larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan yang bersifat asam (mengandung ion  $H^+$ ), sementara penambahan bahan bersifat alkali justru mempercepat flokulasi. Lempung yang baru mengalami flokulasi dapat dengan mudah menyebar kembali dalam larutan jika diguncang. Namun, jika telah terpisah dalam waktu yang lama, penyebarannya menjadi lebih sulit akibat efek *thixotropic*, yaitu fenomena di mana kekuatan terbentuk seiring bertambahnya waktu.

## 2. Metodologi

### 2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap penting, tahapan tersebut terbagi atas empat tahap yaitu :

- Tahap I : Pada tahap ini dilakukan persiapan penelitian berupa pengambilan sampel tanah lempung di daerah Kayu Agung Sumatera Selatan, dan persiapan kapur yang akan digunakan sebagai bahan penelitian
- Tahap II : Tahap ini merupakan tahap pengujian fisik serta uji mekanik tanah lempung dan penentuan persentase penggunaan aditif kapur (CaO)
- Tahap III : Dilakukan berupa uji pematatan dan UCS penambahan kapur dengan variasi 1%, 5%, 10%, 13%, dan 15%
- Tahap IV : Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.

### 2.2 Kegiatan Laboratorium

Pengujian dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah, Universitas Muhammadiyah Palembang. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain :

- Basic properties, meliputi test kadar air (water content), batas cair, batas plastis, analisis saringan, analisis hidrometer, dan berat jenis.

Uji kadar air : Uji ini merupakan pengujian awal dengan tujuan mengetahui kondisi air atau kadar air tanah yang ada dalam tanah lempung sebagai bahan sampel pengujian.

Uji batas cair : Uji batas cair ini memiliki tujuan untuk menentukan batas cair tanah lempung dimana kadar air tanah tersebut ada pada peralihan yang diujikan dengan alat casagrade sebanyak 6 kali sesuai dengan banyaknya variasi kapur yang digunakan.

Uji batas plastis : Uji ini bertujuan untuk menentukan batas plastis tanah lempung dimana kadar air minimal bagi tanah ialah yang masih ada dalam keadaan plastis, tanah yang masih dalam keadaan plastis artinya apabila tanah telah digulungkan menjadi batangan-batangan berdiameter 3mm akan terlihat retakan. Indeks plastisitas ialah selisih batas cair dan batas plastis dari tanah. Pengujian ini juga dilakukan 6 kali sesuai dengan banyaknya variasi kapur yang digunakan.

- Engineering properties, meliputi percobaan pematatan dan Unconfined Compression Test. *Deduct Value (Nilai Pengurangan)*

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pematatan Tanah Asli

Berdasarkan pengujian tanah lempung asli tanpa campuran additive kapur diatas, didapatkan keadar air optimum rata-rata tanah lempung di usia pemeraman maksimal 14 hari ialah 21.42,

dengan berat volume kering tanah lempung sebesar 1.65 (Tabel 2).

Keterangan	0 Hari	5 Hari	7 Hari	12 Hari	14 Hari
Kadar Air Rata-rata (%)	32.67326	33.90436	29.25057	33.19134	21.41511
Berat Volume Kering	1.180037	1.222415	1.230272	1.134832	1.651078
ZAV	1.468834	1.412862	1.516911	1.438268	1.707222

Tabel 2. Pemadatan Tanah Asli

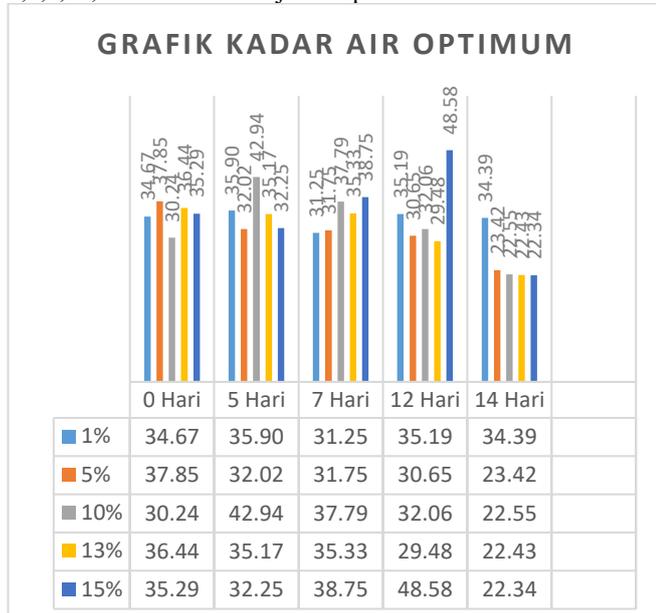
### 3.2 Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Tabel 3. Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Waktu	Regangan Aksial		Beban Aksial			Faktor Koreksi	Luas Terkoreksi	Tegangan Axial
	Pembacaan Arloji Deformasi	Regangan	Pembacaan Arloji Beban	Kalibrasi	Beban			
Hari	Devisi	%	Devisi	Kg	kg		cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	810	11.57143	7	0.321	2.2470	1.13086	10.88011	0.20652
5	720	10.28571	32	0.321	10.2720	1.11465	10.72419	0.95783
7	280	4.00000	10	0.321	3.2100	1.04167	10.02201	0.32030
12	230	3.28571	12	0.321	3.8520	1.03397	9.94799	0.38721
14	230	3.28571	13	0.321	4.1730	1.03397	9.94799	0.41948

### 3.4 Pengaruh Penambahan Kapur (CaO) dan Waktu Pemeraman terhadap Sifat Fisik Tanah Lempung

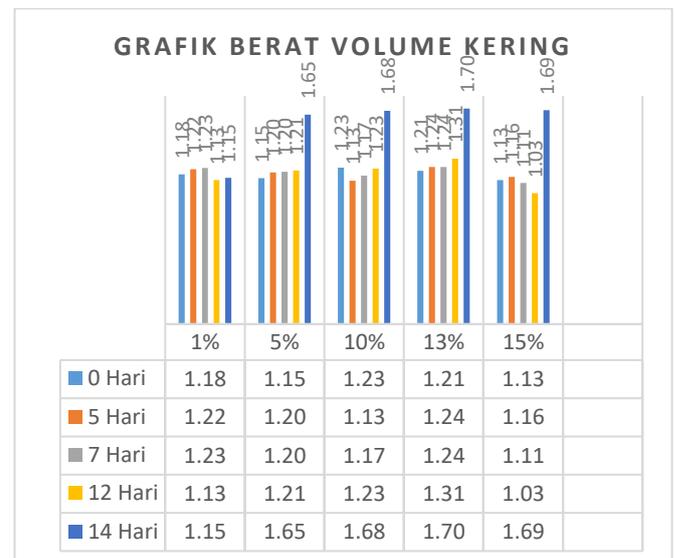
Untuk mengetahui Pengaruh penambahan Kapur (Cao) sebanyak 1%,5%,10%,13%, dan 15% dengan waktu pemeraman 0,5,7,12, dan 14 hari ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 6. Grafik Kadar Air Optimum

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa penambahan kapur serta durasi pemeraman memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat tanah lempung, khususnya dalam hal kadar air optimumnya. Terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman hingga 14 hari, kadar air optimum tanah lempung secara bertahap mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi variasi kadar kapur yang dicampurkan, semakin rendah nilai kadar air optimum. Proses ini disebabkan oleh reaksi kapur dengan mineral lempung atau

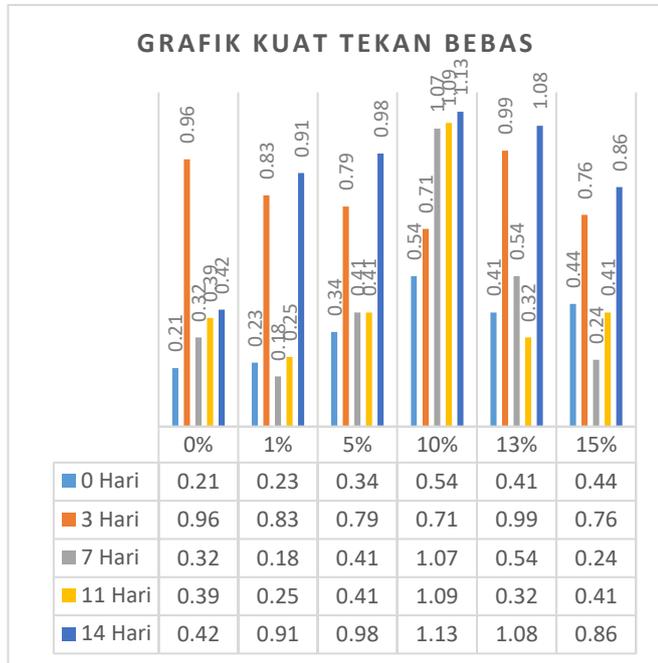
butiran halus lainnya dalam tanah, yang membentuk ikatan antara air dan gel yang tidak larut dari kalsium silikat. Ikatan ini mengikat partikel-partikel tanah, sehingga menyebabkan penyusutan kadar air optimum (Gambar 7).



Gambar 7. Grafik Berat Volume Kering

Setiap variasi menunjukkan adanya perubahan dalam nilai berat volume. Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar kapur yang dicampurkan pada waktu pemeraman terlama, maka nilai berat volume juga akan semakin meningkat. Hal ini terjadi karena reaksi antara kapur dan mineral lempung dalam tanah, atau dengan butiran halus lainnya seperti komponen pozzolanik (silica hydrous), membentuk ikatan antara air dan gel kalsium silikat yang tidak larut. Ikatan ini menggabungkan partikel-partikel tanah, sehingga meningkatkan nilai berat isi kering.

Pada variasi penambahan kapur sebesar 5%, nilai berat isi kering tanah secara bertahap mengalami peningkatan dari hari ke hari dan mencapai nilai tertinggi dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini disebabkan oleh kadar kapur yang tepat, yang mampu mengoptimalkan proses peningkatan berat isi kering tanah (**Gambar 8**).



**Gambar 8.** Grafik Kuat Tekan Bebas

Pada pengujian UCT, tanah yang dicampur dengan 5% kapur menunjukkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah asli, baik yang tanpa perawatan maupun yang telah mengalami perawatan. Selain itu, tanah dengan campuran 5% kapur yang diberi perawatan mengalami peningkatan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dibandingkan dengan tanah tanpa perawatan, menunjukkan bahwa proses perawatan berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tanah.

Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tertinggi dengan perawatan diperoleh pada tanah dengan campuran 5% kapur (CaO) setelah 14 hari pemeraman. Pada kondisi ini, nilai kuat tekan bebas mengalami peningkatan sebesar 152% dibandingkan dengan tanah tanpa perawatan, yang hanya mengalami kenaikan sebesar 45%. Hal ini menunjukkan bahwa durasi pemeraman dan penambahan kapur secara signifikan meningkatkan kekuatan tanah.

#### 4. Kesimpulan

Dengan hasil Tabel dan Gambar grafik yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat disimpulkan penambahan kapur dan waktu pemeraman berpengaruh terhadap sifat fisik tanah lempung, terlihat dari perubahan kadar air optimum yang menyusut dan penambahan berat volume kering tanah lempung.

Nilai terbesar kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dengan perawatan diperoleh pada tanah campuran 5% kapur (CaO) dengan waktu perawatan selama 14 hari yaitu kenaikan sebanyak 152% dibandingkan dengan tanpa perawatan dengan kenaikan sebanyak 45%.

#### Daftar Pustaka

ASTM International (n.d), *Standard Practice for Roads and ASTM. (1992). ASTM Stabilisation With Admixture. American Society For Testing And Materials, Second Edition.*

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2006). *Pemanfaatan Asbuton. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum*

Hardiyatmo, H.C. (2006). *Mekanika Tanah I, Edisi keempat. Gadjah Mada University Press; Yogyakarta.*

Kusnianti, Neni. (2008), *Pemanfaatan Mineral Asbuton Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan*

L.D.Wesley. (1977). *Mekanika Tanah, cetakan VI. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.*

Ngudiyono. (2014). *Interpretasi Hasil Uji Cbr Untuk Menentukan Panjang Dan Prosentase Serat Plastik Optimum Pada Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Trass Dan Limbah Asetilen Vol 4, No.1. Teknik Sipil, Universitas Mataram, Indonesia.*

Skempton. 1953. *The Colloidal Activity of Clays. Proceeding 3 th International Conference of Soil mecanic and Fondation Engineering. 1 : 57-61.*

Upa dan Hakim. (2019). *Analisis Kekuatan dan Stabilitas Tanah Lempung Organik Artifisial Untuk Perencanaan Jalan dengan Beban Lalu Lintas Tinggi. Institut Teknologi Indonesia.*