



Pengaruh Beban Siklik Pada Tanah yang Distabilisasi Dengan Kapur Terhadap Nilai CBR

Shamer Arrazi, *Indra Nurtjahjaningtyas, Luthfi Amri Wicaksono

Fakultas Teknik, Universitas Jember

^{*}indran.teknik@unej.ac.id

Received: 24 Februari 2025 Revised: 23 Juli 2025 Accepted: 28 Juli 2025

Abstract

Roads built on soft clay soils will experience damage before the service life is complete. One of the most common damages is potholes. The cyclic load is the repetitive load caused by the wheels of a vehicle. Stabilization of the subgrade needs to be done to overcome this problem, namely by adding lime. The lime used is quicklime from Sampang, Madura. The research was conducted to obtain the optimum lime mixture in the soil. CBR test was conducted on the soil with 3%, 5%, and 7% lime mixture. After that, cyclic loading was applied to analyze its effect on the CBR value. The original soil had a CBR value of 11.36% which then decreased to 5.79% after cyclic loading. The CBR values of 3%, 5%, and 7% lime-stabilized soil were 31.96%, 35.22%, and 34.48%, respectively. The optimum lime mixture in this study is 7% with a CBR value of 34.48% and a decrease in CBR value due to cyclic loading to 30.74%. Stabilization with lime can increase the CBR value up to 5% lime mixture. The addition of excess lime will reduce the CBR value. In addition, the decrease in CBR value due to cyclic loading decreases with the addition of lime. This is because the absorption and flocculation reactions by lime cause changes in the distribution of soil grain gradation.

Keywords: Clay soil, changes in CBR value, cyclic load, quicklime, soil stabilization

Abstrak

Jalan yang dibangun di atas tanah lempung lunak akan mengalami kerusakan sebelum masa layan selesai. Kerusakan yang sering terjadi salah satunya adalah lubang. Beban siklik adalah beban berulang yang diakibatkan oleh roda kendaraan. Stabilisasi pada tanah dasar perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini, yaitu dengan menambahkan kapur. Kapur yang digunakan merupakan kapur tohor dari Sampang, Madura. Penelitian dilaksanakan untuk mendapatkan campuran kapur optimum pada tanah. Uji CBR dilakukan pada tanah dengan campuran kapur 3%, 5%, dan 7%. Setelah itu, beban siklik diterapkan untuk menganalisis pengaruhnya pada nilai CBR. Tanah asli memiliki nilai CBR 11,36% yang kemudian menurun menjadi 5,79% setelah pembebanan siklik. Nilai CBR tanah yang distabilisasi kapur 3%, 5%, dan 7% berturut-turut adalah 31,96%, 35,22%, dan 34,48%. Campuran kapur optimum pada penelitian ini adalah 7% dengan nilai CBR 34,48% dan penurunan nilai CBR akibat beban siklik menjadi 30,74%. Stabilisasi dengan kapur dapat meningkatkan nilai CBR hingga campuran kapur 5%. Penambahan kapur berlebih akan mengurangi nilai CBR. Di samping itu, penurunan nilai CBR karena beban siklik semakin berkurang seiring dengan penambahan kapur. Hal ini dikarenakan reaksi absorpsi dan flokulasi oleh kapur menyebabkan perubahan pada sebaran gradasi butiran tanah.

Kata kunci: Beban siklik, kapur tohor, perubahan nilai CBR, stabilisasi tanah, tanah lempung

Pendahuluan

Tanah lempung merupakan tanah dengan kualitas buruk apabila digunakan sebagai tanah dasar jalan (Kodicherla & Nandyala, 2019). Permasalahan yang ada pada tanah lempung antara lain adalah nilai daya dukungnya yang rendah dan potensi

pengembangan yang cenderung tinggi (Sabri *et al.*, 2023). Karena adanya kemungkinan peningkatan potensi pengembangan jalan yang tinggi di masa depan, perlu adanya solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut (Ardiansyah & Maulida, 2020). Jalan yang dibuat di atas tanah lempung lebih sering mengalami kerusakan sebelum

mencapai umur rencana. Hal ini dapat terjadi karena kualitas dari tanah dasar mempengaruhi fungsi dan umur rencana suatu jalan (Dhar & Hussain, 2021).

Faktor lain penyebab kerusakan pada jalan adalah kondisi dan penggunaan jalan. Adanya lubang pada permukaan jalan dapat memperparah kerusakan pada tanah dasar (Nurtjahjaningtyas *et al.*, 2021). Selain itu, kendaraan dengan muatan berlebih juga akan menyebabkan gangguan pada kualitas tanah dasar (Fedujwar & Sahoo, 2023). Beban roda kendaraan sebesar 69-127 psi terbukti dapat menyebabkan peningkatan regangan tarik dan tekan berturut-turut sebesar 25% dan 12% pada jalan (Arshad *et al.*, 2018). Kerusakan yang lebih parah dapat terjadi jika perkerasan pada jalan adalah perkerasan lentur dengan tanah dasar berupa tanah lempung (Jayalath *et al.*, 2021). Apabila beban terus berulang, nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dasar pada akhirnya akan mengalami penurunan (Nurtjahjaningtyas *et al.*, 2021).

Permasalahan serupa juga terjadi di wilayah Sampang, Madura. Akses jalan menuju tempat penambangan kapur yang dilewati oleh kendaraan berat sering kali mengalami kerusakan. Salah satu solusi pada permasalahan ini adalah dengan melakukan stabilisasi pada tanah dasar. Stabilisasi dapat dilakukan dengan cara fisis, biologis, dan kimiawi untuk mendapatkan nilai yang diinginkan pada parameter tertentu (Araei *et al.*, 2022). Contoh material yang umum digunakan untuk stabilisasi adalah kapur, semen, dan pasir (Mahedi *et al.*, 2020; Putra *et al.*, 2019; Wang & Korkiala-Tanttu, 2020). Stabilisasi juga dapat dilakukan menggunakan bahan limbah seperti abu kayu, sabut kelapa, dan *fly ash* (AMANIA *et al.*, 2022; Andavan & Pagadala, 2020; Kodicherla & Nandyala, 2019; Nugroho *et al.*, 2023; Yulianti *et al.*, 2023). Seiring pertumbuhan teknologi, metode stabilisasi tanah mulai berkembang dengan adanya bahan sintetis seperti plastik fiber, nano-silika, dan nano-polimer (Araei *et al.*, 2022; Dhar & Hussain, 2019; Karimiazar *et al.*, 2023).

Penelitian ini dilakukan menggunakan kapur sebagai bahan stabilisasi. Kapur yang ditambahkan pada tanah akan memicu reaksi *pozzolanic* dengan air dan mineral tanah (Dhar & Hussain, 2021). Selain itu, kapur juga akan menyebabkan adanya perubahan pada tanah melalui proses absorpsi, flokulasi, dan sementasi (Tanzadeh *et al.*, 2021). Reaksi *pozzolanic* pada kapur menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat yang memiliki sifat pengikat serupa dengan semen (Malkawi *et al.*, 2023). Penambahan kapur pada tanah dengan kadar air tinggi dapat mengurangi tingkat kadar air dalam tanah sehingga potensi pengembangan tanah juga berkurang (Dhar

& Hussain, 2021). Stabilisasi tanah dengan kapur dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah lama waktu pemeraman dan variasi campuran yang ditambahkan. Dengan lama waktu pemeraman 7 hari, kapur terbukti dapat menurunkan nilai indeks plastisitas tanah sekaligus meningkatkan daya dukungnya (Raja *et al.*, 2022; Saidate *et al.*, 2022). Penambahan kapur dapat dilakukan pada rentang 2-8% dari berat kering tanah untuk mendapatkan peningkatan nilai CBR yang optimum (Nicholson, 2015). Kapur yang ditambahkan di atas rentang tersebut akan menyebabkan penurunan pada daya dukung tanah karena kapur tidak lagi mampu memberikan kohesi dan friksi yang dibutuhkan (Dhar & Hussain, 2019; Hairulla & Limantara, 2019).

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan campuran kapur optimum pada tanah lempung di wilayah Sampang, Madura. Kemudian, uji CBR diterapkan dengan memberi beban siklik pada tanah yang telah distabilisasi untuk mengetahui pengaruhnya pada tanah. Variasi campuran yang digunakan adalah 3%, 5%, dan 7% dari berat kering tanah dengan waktu pemeraman 7 hari. Beban siklik yang digunakan adalah 100 psi sebagai asumsi beban dari roda kendaraan berat bermuatan normal dalam 4 kali repetisi, yaitu 0, 50, 100, dan 150 kali.

Metode

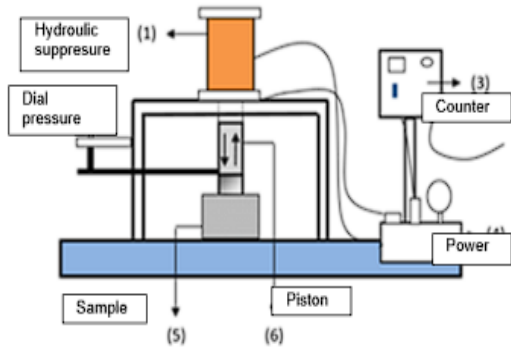
Material

Material yang digunakan terdiri dari tanah lempung dan kapur. Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah dasar yang digunakan dalam perkerasan jalan. Tanah lempung dipilih apabila %butiran yang lolos saringan No. 200 > 90%. Sedangkan jenis kapur yang dipakai sebagai bahan stabilisasi adalah kapur tohor. Kedua material tersebut dibawa dari lokasi penelitian, yaitu Sampang, Madura.

Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan adalah alat uji beban siklik. Alat uji beban siklik merupakan alat yang dibuat untuk mengetahui perilaku tanah di lapangan ketika terkena beban dari roda kendaraan. Alat ini bekerja dengan cara memberikan beban yang terkontrol pada benda uji secara teratur dan berkala dengan menggunakan sistem hidrolik. Beban yang diberikan dapat diatur menggunakan *pressure control* dengan mengunci *dial pressure* ketika dilakukan proses konfigurasi pada alat. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan *counter* untuk menghitung repetisi beban siklik yang telah dilakukan dengan tepat. Sketsa desain dari alat uji

yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 dan, model fisiknya dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Nurtjahjaningtyas et al., 2021

Gambar 1. Sketsa alat uji beban siklik



Sumber: Nurtjahjaningtyas et al., 2021

Gambar 2. Alat uji beban siklik

Metode Pengujian

Pengujian dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap penyiapan sampel dan tahap pengujian. Penyiapan sampel pada tanah lempung dilakukan dengan mengeringkan tanah lalu ditumbuk untuk mendapatkan butiran halus tanah yang tidak menggumpal. Kemudian tanah ditimbang dan diperam setelah dicampur dengan kapur dan air sesuai variasi yang telah ditentukan. Campuran sampel lalu diperam selama 7 hari dalam sebuah wadah yang tertutup rapat agar kapur dapat bereaksi dengan air dan mineral dalam tanah.

Pengujian pada tiap jenis sampel terdiri dari uji kepadatan dan uji CBR dengan beban siklik. Uji kepadatan dilakukan berdasarkan SNI 1742:2008 untuk mendapatkan nilai MDD (*Maximum Dry Density*) dan OMC (*Optimum Moisture Content*). Setelah itu, nilai OMC yang didapat digunakan untuk menyiapkan benda uji CBR. Uji CBR tanpa rendaman dilaksanakan berdasarkan SNI 1744:2012. Kemudian beban siklik diterapkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai CBR tanah. Jenis sampel yang diuji sebanyak 4 buah

dengan detail penyiapan sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Detail penyiapan sampel

Jenis Sampel	Tanah (%)	Kapur (%)
Sampel 1	100	0
Sampel 2	100	3
Sampel 3	100	5
Sampel 4	100	7

Uji CBR menggunakan beban siklik dilakukan dalam 4 kali repetisi. Repetisi awal dilakukan tanpa beban siklik atau $n_1 = 0$. Kemudian, repetisi repetisi terus dilakukan hingga $n_3 = n_2 + 50 = 100$ dan $n_4 = n_3 + 50 = 150$. Setelah melakukan uji pendahuluan, benda uji hanya dapat menerima beban siklik hingga repetisi 150.

Benda uji CBR disiapkan dengan memadatkan tanah menggunakan nilai OMC yang didapat hingga mencapai lebih dari 90% kepadatan maksimum. Pada repetisi awal tanpa beban siklik ($n_1 = 0$), uji CBR dilakukan di tengah benda uji. Beban siklik kemudian diterapkan sesuai dengan repetisi yang telah ditentukan di tengah benda uji. Uji CBR dilakukan di tepi benda uji yang tidak terkena beban siklik pada benda uji dengan repetisi 50 (n_2), 100 (n_3), dan 150 (n_4). Pengujian dilakukan pada semua jenis sampel menggunakan prosedur yang sama.

Hasil dan Pembahasan

Properti tanah asli

Pengujian properti tanah asli dilakukan untuk mendapatkan kategori klasifikasi pada tanah sekaligus mengetahui parameter pada tanah asli sebelum distabilisasi. Properti tanah asli yang diuji terdiri dari properti fisis dan mekanis. Hasil uji properti tanah asli dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Properti tanah asli

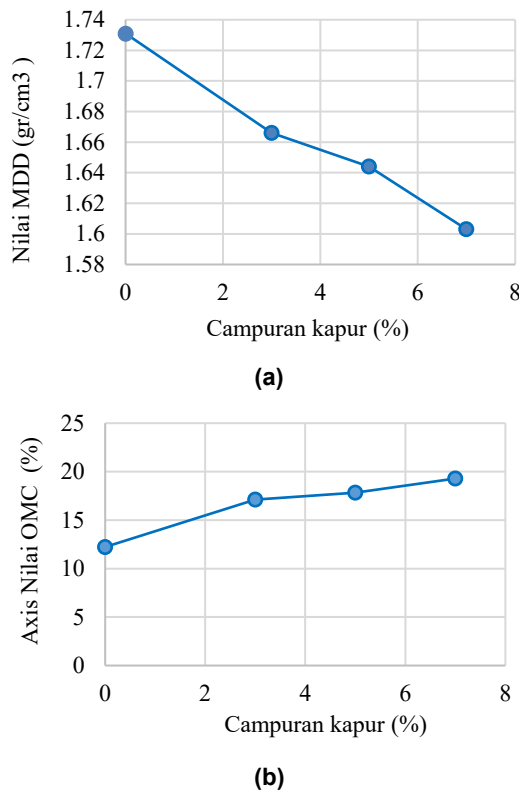
Jenis Pengujian	Hasil Uji	Satuan
Kadar air	9,43	%
Berat isi	1,531	gr/cm ³
Spesific gravity	2,442	
Lolos saringan No. 200	91,6	%
Liquid limit	35,85	%
Plastic limit	20,79	%
Plasticity indeks	15,06	%
OMC	12,23	%
MDD	1,73	gr/cm ³

Berdasarkan data yang didapat dari Tabel 2, tanah yang diteliti merupakan tanah kategori A-6 menurut metode klasifikasi *American Society for Testing and Materials* (2015). Sedangkan menurut metode

klasifikasi SNI 6371:2015, tanah termasuk kategori CL (*clay with low to mid plasticity*). Tanah dengan kategori A-6 dan nilai IP <20% merupakan tanah yang dianjurkan untuk distabilisasi menggunakan serbuk pengikat berupa kapur (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010).

Hasil uji pemadatan

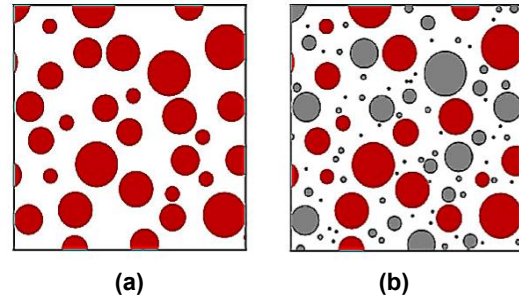
Hasil uji pemadatan yang dilakukan menggunakan prosedur SNI 1742:2008 dapat dilihat di Gambar 3. Berdasarkan grafik yang ditampilkan, dapat diketahui bahwa penambahan kapur akan menyebabkan penurunan pada nilai MDD. Sementara itu, nilai OMC pada setiap sampel tampak mengalami peningkatan. Sampel-4 merupakan sampel dengan perubahan nilai MDD dan OMC tertinggi. Nilai MDD pada Sampel-4 menurun hingga 7% dari nilai MDD awal, namun nilai OMC-nya meningkat sebesar 7,06%.



Gambar 3. Hubungan hasil uji pemadatan dan campuran kapur; (a) Nilai MDD, (b) Nilai OMC

Perubahan pada nilai MDD dan OMC dapat terjadi karena kapur yang ditambahkan telah bereaksi dengan air dan mineral dalam tanah. Hal ini menyebabkan adanya perubahan pada struktur tanah seperti yang telah diteliti oleh John *et al.* (2018). Kapur yang bereaksi dengan air akan memicu reaksi absorpsi dan flokulasi sehingga terjadi peningkatan pada nilai OMC (Zhu *et al.*, 2019). Sementara itu, Nilai MDD akan menurun

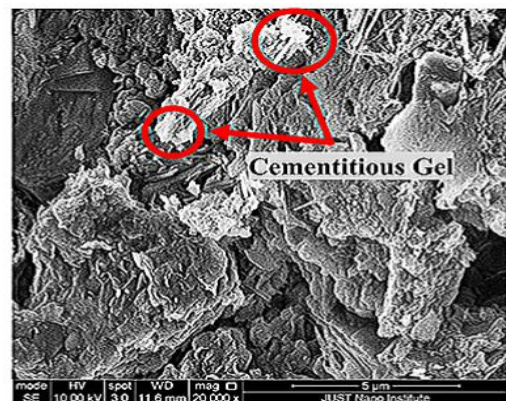
karena berat kapur yang lebih ringan daripada berat tanah (Hairulla & Limantara, 2019). Ilustrasi perubahan struktur tanah akibat penambahan kapur dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber: John *et al.*, 2018

Gambar 4. Ilustrasi perubahan pada struktur tanah setelah penambahan kapur; (a) sebelum, (b) sesudah

Nilai MDD yang mengalami penurunan tidak menunjukkan berkurangnya kekuatan pada tanah. Sebaliknya, tanah akan menjadi lebih kuat karena reaksi *pozzolanic* dari kapur akan menghasilkan "*cementitious gel*" berupa kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat yang berperan sebagai pengikat dalam tanah (Malkawi *et al.*, 2023). Ikatan yang terbentuk oleh senyawa tersebut akan menyebabkan adanya peningkatan pada kekuatan tanah. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmed *et al.* (2024); Hairulla & Limantara (2019); Keybondori & Abdi (2021); Sharma & Sharma (2021). Senyawa yang terbentuk setelah adanya reaksi *pozzolanic* dapat dilihat di Gambar 5.



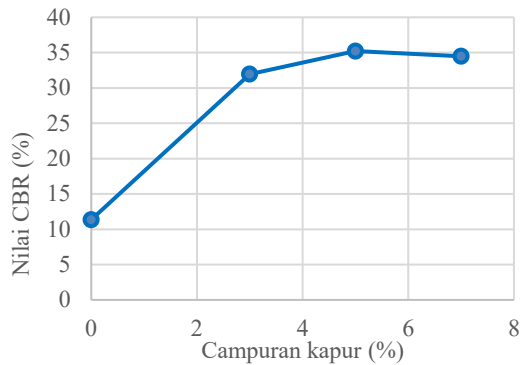
Sumber: Malkawi *et al.*, 2023

Gambar 5. "Cementitious gel" yang terbentuk pada tanah yang distabilisasi menggunakan kapur

Hasil uji CBR dengan pembebanan siklik

Pengujian CBR dilakukan dalam dua cara, yaitu tanpa beban siklik ($n_1 = 0$) dan dengan beban siklik pada repetisi $n = 50, 100$, dan 150 . Beban siklik

yang digunakan adalah beban dari roda kendaraan berat dengan muatan normal, yaitu 100 psi (Arshad *et al.*, 2018). Hasil uji CBR tanpa beban siklik ($n1 = 0$) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil uji CBR $n1 = 0$

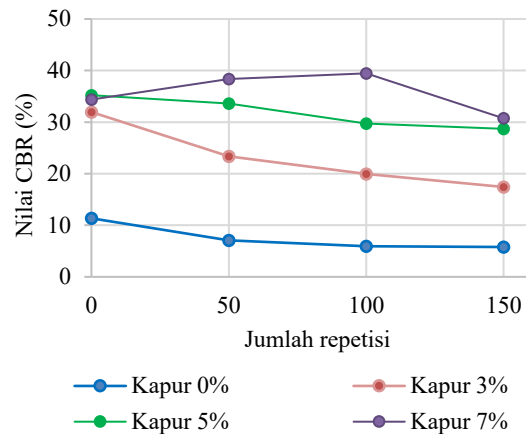
Berdasarkan grafik pada Gambar 6, nilai CBR pada tanah yang telah distabilisasi dengan kapur selalu lebih tinggi daripada nilai CBR pada tanah asli. Peningkatan nilai CBR tertinggi didapat pada sampel 3 yang memiliki campuran kapur 5% dengan nilai CBR 35,22%. Kemudian, nilai CBR mengalami penurunan. Penurunan nilai CBR pada sampel 4 menandakan bahwa penambahan kapur berlebih dapat mengurangi nilai CBR tanah. Hal ini dapat terjadi karena kapur tidak memiliki kohesi dan friksi yang dibutuhkan. Hasil yang sama juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Dhar & Hussain (2019); Hairulla & Limantara (2019); Ikeagwuani *et al.* (2019). Detail peningkatan nilai CBR dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Detail peningkatan nilai CBR

Jenis Sampel	Nilai CBR (%)	Peningkatan (%)
Sampel 1	11,36	0
Sampel 2	31,96	20,60
Sampel 3	35,22	23,86
Sampel 4	34,48	23,12

Peningkatan nilai CBR dapat terjadi karena reaksi *pozzolanic* yang terjadi pada tanah setelah ditambah dengan kapur. Reaksi ini menghasilkan butiran dengan sifat pengikat (Suardi *et al.*, 2021). Selain itu, reaksi *pozzolanic* juga mengakibatkan terjadinya proses sementasi pada campuran tanah dengan kapur (Ahmed *et al.*, 2024). Hal ini menyebabkan adanya peningkatan resistensi tanah terhadap penetrasi (Kibuka *et al.*, 2023). Selain itu, butiran yang terbentuk dari reaksi *pozzolanic* mengakibatkan tanah menjadi lebih keras, padat, dan stabil (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010). Oleh karena itu, nilai CBR pada tanah yang telah distabilisasi menjadi lebih tinggi daripada nilai CBR tanah asli.

Untuk menganalisis pengaruh beban siklik terhadap nilai CBR, beban siklik kemudian diterapkan dengan repetisi dan beban yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil uji CBR dengan beban siklik dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai CBR pada tiap sampel yang diberi beban siklik dengan repetisi tertinggi selalu lebih kecil daripada nilai CBR awal. Walaupun ada peningkatan pada Sampel-4, peningkatan yang terjadi tidak signifikan. Tren perubahan nilai CBR akibat beban siklik cenderung mengalami penurunan.



Gambar 7. Pengaruh beban siklik terhadap nilai CBR

Detail perubahan nilai CBR pada tiap sampel dapat dilihat pada Tabel 4. Penambahan kapur mengurangi perubahan pada nilai CBR akibat beban siklik seperti yang terlihat pada tabel 4. Penurunan nilai CBR tertinggi terdapat pada tanah asli dengan angka rasio penurunan sebesar 49,03%. Sedangkan pada tanah yang telah distabilisasi kapur dengan campuran 7%, rasio penurunan nilai CBR yang terjadi sebesar 10,85%.

Tabel 4. Perubahan nilai CBR akibat beban siklik

Jenis Sampel	Nilai CBR (%)		Perubahan (%)
	$n = 0$	$n = 150$	
Sampel 1	11,36	5,79	49,03
Sampel 2	31,96	17,43	45,46
Sampel 3	35,22	28,70	18,51
Sampel 4	34,48	30,74	10,85

Beban siklik dapat menyebabkan penurunan pada nilai CBR karena adanya perubahan posisi pada butiran tanah yang menyebabkan butirannya terlepas satu sama lain dalam proses pembebanan (Nurtjahjaningtyas *et al.*, 2021). Tanah asli memiliki sebaran gradasi butiran buruk yang menyebabkan penurunan nilai CBR yang terjadi sangat besar. Sementara itu, tanah yang telah distabilisasi memiliki sebaran gradasi butiran yang

lebih merata. Perubahan sebaran gradasi butiran dapat terjadi karena kapur yang ditambahkan akan menimbulkan reaksi absorpsi dan flokulasi pada butiran tanah lempung (Zhu *et al.*, 2019). Reaksi ini memungkinkan kapur untuk menyerap air dan butiran tanah lain yang menyebabkan ukuran semakin membesar (Dwivedi&Gupta, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Nurtjahjaningtyas *et al.* (2021) menunjukkan bahwa tanah dengan sebaran gradasi butiran yang baik memiliki penurunan nilai CBR yang kecil ketika diberi beban siklik. Hal ini disebabkan karena setiap butiran akan saling mengisi rongga pada tanah ketika dilakukan pemadatan. Proses ini menyebabkan tanah berada dalam kondisi “terkunci” yang membuat adanya kemungkinan disposisi pada butiran tanah semakin mengecil. Proses ini menyebabkan penurunan pada nilai CBR setelah pembebanan siklik menjadi lebih kecil karena butiran tanah menjadi lebih sulit untuk terlepas antara satu sama lain.

Campuran kapur optimum didapat setelah membandingkan nilai CBR pada tiap jenis sampel setelah dilakukan stabilisasi dan pembebanan siklik. Detail perubahan nilai CBR tiap sampel dapat dilihat pada Tabel 5. Sampel-4 dengan campuran kapur 7% adalah campuran kapur yang optimum. Meskipun nilai CBR awal Sampel-3 lebih tinggi dibandingkan Sampel-4, perubahan nilai CBR yang diakibatkan beban siklik pada Sampel-4 selalu lebih tinggi daripada sampel 3 hingga repetisi tertinggi. Nilai CBR pada Sampel-4 adalah 34,38% yang menurun sebesar 10,85% dari nilai CBR awal menjadi 30,74% setelah diberi beban siklik.

Penambahan repetisi ditentukan berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan. Benda uji hanya dapat menerima beban siklik hingga 150 repetisi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nurtjahjaningtyas *et al.* (2021). Tanah lempung dapat menerima beban siklik dengan repetisi yang lebih sedikit daripada jenis tanah lain (Nurtjahjaningtyas *et al.*, 2021). Penambahan repetisi tiap 50x kemudian dilakukan untuk mengetahui perubahan pada nilai CBR yang terjadi pada benda uji setelah diberi beban siklik. Detail perubahan nilai CBR karena repetisi beban siklik dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa pembebanan siklik dapat mempengaruhi nilai CBR pada tanah. Pada setiap penambahan repetisi beban siklik, nilai CBR pada tanah akan mengalami perubahan. Tanah yang telah distabilisasi dengan kapur selalu memiliki perubahan nilai CBR akibat beban siklik yang lebih kecil dibandingkan dengan tanah asli. Pembebanan siklik mempengaruhi semua sampel,

baik tanah asli maupun tanah yang sudah distabilisasi dengan kapur.

Tabel 5. Hubungan repetisi beban siklik terhadap nilai CBR

Jenis Sampel	Repetisi beban siklik	Nilai CBR (%)
Sampel 1	0	11,36
	50	7,10
	100	5,92
	150	5,79
Sampel 2	0	31,96
	50	23,37
	100	19,97
	150	17,43
Sampel 3	0	35,22
	50	33,63
	100	29,74
	150	28,70
Sampel 4	0	34,38
	50	38,38
	100	39,46
	150	30,74

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tanah pada lokasi penelitian ini berjenis A-6 menurut sistem klasifikasi ASTM dan CL menurut sistem klasifikasi USCS.

Nilai CBR pada tanah asli adalah 11,36% yang kemudian menurun menjadi 5,79% setelah pemberian beban siklik. Beban siklik pada tanah asli menyebabkan penurunan pada nilai CBR hingga mencapai 49% dari nilai CBR awal. Campuran kapur optimum adalah 7% dengan nilai CBR 34,38% yang kemudian menurun menjadi 30,74%. Penurunan nilai CBR pada tanah dengan campuran kapur 7% akibat beban siklik adalah sebesar 10,85% dari nilai CBR awal. Beban siklik mempengaruhi nilai CBR pada tanah berupa penurunan pada nilai CBR. Penurunan terjadi pada setiap jenis tanah yang diteliti, yaitu tanah asli dan tanah yang distabilisasi kapur. Penurunan nilai CBR akibat beban siklik akan berkurang ketika tanah telah distabilisasi dengan kapur. Hal ini dapat terjadi karena tanah yang distabilisasi kapur menghasilkan senyawa perekat yang mengikat butiran tanah.

Daftar Pustaka

Ahmed, A., El-Emam, M., Ahmad, N., & Attom, M. (2024). Stabilization of Pavement Subgrade

Clay Soil Using Sugarcane Ash and Lime. *Geosciences (Switzerland)*, 14(6).

<https://doi.org/10.3390/geosciences14060151>

AMANIA, A., Sarie, F., & Okrobianus, O. (2022). Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), 63–70.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v3n2.p63-70>

American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM D3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*. <https://doi.org/10.1520/D3282-15>

Andavan, S., & Pagadala, V. K. (2020). A study on soil stabilization by addition of fly ash and lime. *Materials Today: Proceedings*, 22, 1125–1129. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.323>

Araei, A. A., Salamat, A., Tabatabaei, S. H., & Hasani, H. (2022). Comparison of clayey soil characteristics treated with lime and water base nano-polymer. *International Journal of Mining and Geo-Engineering*, 56(3), 271–276. <https://doi.org/10.22059/IJMG.2022.297169.594842>

Aradiansyah, I., & Maulida, R. G. (2020). Kajian atraksi, amenitas dan aksesibilitas untuk pengembangan kepariwisataan di Taman Wisata Alam Gunung Pancar kabupaten Bogor. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(4), 707–716.

Arshad, A. K., Harun, M., Jasmi, N., Yaacob, S., & Haron, H. (2018). Effect of Heavy Vehicles' Tyre Pressure on Flexible Pavements. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(9), 1161–1170.

Dhar, S., & Hussain, M. (2019). The strength behaviour of lime-stabilised plastic fibre-reinforced clayey soil. *Road Materials and Pavement Design*, 20(8), 1757–1778. <https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1468803>

Dhar, S., & Hussain, M. (2021). The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 15(4), 471–483. <https://doi.org/10.1080/19386362.2019.1598623>

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan*.

Dwivedi, A., & Gupta, S. (2023). Influence of carbon sequestration in natural clay on engineering properties of cement-lime stabilized soil mortars. *Developments in the Built Environment*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100270>

Fedujwar, R. R., & Sahoo, U. C. (2023). Pavement responses under wide base tyres subjected to moving loads. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(2), 549–559. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.05.006>

Hairulla, & Limantara, L. M. (2019). The effect of soft soil stabilization by using lime as the basic soil strength material for road in merauke regency. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(11), 1830–1835. <https://doi.org/10.35940/ijitee.K1781.0981119>

Ikeagwuani, C. C., Obeta, I. N., & Agunwamba, J. C. (2019). Stabilization of black cotton soil subgrade using sawdust ash and lime. *Soils and Foundations*, 59(1), 162–175. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.10.004>

Jayalath, C., Gallage, C., Wimalasena, K., Lee, J., & Ramanujam, J. (2021). Performance of composite geogrid reinforced unpaved pavements under cyclic loading. *Construction and Building Materials*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124570>

John, E., Matschei, T., & Stephan, D. (2018). Nucleation seeding with calcium silicate hydrate – A review. In *Cement and Concrete Research* (Vol. 113, pp. 74–85). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.07.003>

Karimiazar, J., Sharifi Teshnizi, E., O'Kelly, B. C., Sadeghi, S., Karimizad, N., Yazdi, A., & Arjmandzadeh, R. (2023). Effect of nano-silica on engineering properties of lime-treated marl soil. *Transportation Geotechnics*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101123>

Keybondori, S., & Abdi, E. (2021). Lime stabilization to improve clay-textured forest soil road subgrades. *International Journal of Forest Engineering*, 32(2), 112–118. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1876476>

Kibuka, A. A., Jjuuko, S., & Kalumba, D. (2023). Improvement of properties of black cotton soil subgrade through lime kiln dust and sand stabilization. In *Smart Geotechnics for Smart Societies* (pp. 2557–2566). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003299127-398>

- Kodicherla, S. P. K., & Nandyala, D. K. (2019). Influence of randomly mixed coir fibres and fly ash on stabilization of clayey subgrade. *International Journal of Geo-Engineering*, 10(1).
<https://doi.org/10.1186/s40703-019-0099-1>
- Mahedi, M., Cetin, B., & White, D. J. (2020). Cement, Lime, and Fly Ashes in Stabilizing Expansive Soils: Performance Evaluation and Comparison. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(7).
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0003260](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003260)
- Malkawi, D. A., Rabab'ah, S. R., AlSyouf, M. M., & Aldeeky, H. (2023). Utilizing expansive soil treated with phosphogypsum and lime in pavement construction. *Results in Engineering*, 19.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101256>
- Nicholson, P. G. (2015). Admixture Soil Improvement. In *Soil Improvement and Ground Modification Methods* (pp. 231–288). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-408076-8.00011-x>
- Nugroho, S. A., Wardani, S. P. R., & Muntohar, A. S. (2023). Density, load, and fly ash effect on stabilization of high plasticity soil with lime. *Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences*, 16(2), 102–107.
<https://doi.org/10.30772/qjes.v16i2.925>
- Nurtjahjaningtyas, I., Mochtar, I. B., & Mochtar, N. E. (2021). The Impact Of Water Submergence and High Pressure Piston Loading Repetition on Soaked-Cbr Value of Subgrade and Sub-Base Layers. *International Journal of GEOMATE*, 20(77), 181–188.
<https://doi.org/10.21660/2020.77.j2010>
- Putra, P. A., Sutiono, W., & Rokhman, R. (2019). Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir Dan Kapur. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 5(2), 53.
<https://doi.org/10.33506/rb.v5i2.705>
- Raja, K., Venkatachalam, S., Vishnuvardhan, K., Siva Rama Krishnan, R., Tamil Selvan, V., & Vetriselvan, N. (2022). A review on soil stabilization using rice husk ash and lime sludge. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1205–1212.
<https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.04.178>
- Sabri, M. M., Ihson, J., Fahad, A., & Hasib, R. (2023). Stabilization of expansive soil with lime and brick dust. *Magazine of Civil Engineering*, 124(8).
<https://doi.org/10.34910/MCE.124.1>
- Saidate, I., Berga, A. E., & Rikioui, T. (2022). Stabilization of Gypsum Clay Soil by Adding Lime. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 8(11), 2511–2520.
<https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-11-010>
- Sharma, A., & Sharma, R. K. (2021). Sub-grade characteristics of soil stabilized with agricultural waste, constructional waste, and lime. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80(3), 2473–2484.
<https://doi.org/10.1007/s10064-020-02047-8>
- SNI 1742:2008. (2008). *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1744:2012. (2012). *Metode Uji CBR Laboratorium*. Badan Standardisasi Nasional.
www.bsn.go.id
- SNI 6371:2015. (2015). *Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
www.bsn.go.id
- Suardi, E., Mirani, Z., Silvianengsih, S., Guspari, O., & Hamid, D. (2021). Pemanfaatan Limbah Penambangan Bukit Kapur Untuk Stabilisasi Tanah Lempung (Clay). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(2), 167–174.
<https://doi.org/10.30630/jirs.v18i2.675>
- Tanzadeh, R., Vafaeian, M., & Fard, M. Y. (2021). The influence of lime powder on the behaviour of clay soil. *Gradjevinar*, 73(9), 907–915.
<https://doi.org/10.14256/JCE.1871.2016>
- Wang, D., & Korkiala-Tanttu, L. (2020). 1-D compressibility behaviour of cement-lime stabilized soft clays. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 24(7), 1013–1031.
<https://doi.org/10.1080/19648189.2018.1440633>
- Yulianti, D., Firda, A., Djohan, B., & Syahrul Fuad, I. (2023). Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Kapur Dan Fly Ash dengan Pengujian CBR. *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 1(2), 47–53.
<https://doi.org/10.52333/lateral.v1i2.411>
- Zhu, F., Li, Z., Dong, W., & Ou, Y. (2019). Geotechnical properties and microstructure of lime-stabilized silt clay. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(4), 2345–2354.
<https://doi.org/10.1007/s10064-018-1307-5>