

Analisis Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah Lempung Dengan Menggunakan Semen Terhadap Waktu Pemeraman

Surya Suganda¹, Muthia Anggraini^{2*}, Lusi Dwi Putri³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lancang Kuning, Jl. Yos Sudarso KM 8 Rumbai,
Pekanbaru, 28266, Indonesia

*muthia@unilak.ac.id

Abstrak

Permasalahan pada pekerjaan konstruksi jalan sering kali disebabkan oleh rendahnya nilai CBR pada tanah dasar. Tanah lempung lunak memiliki daya dukung yang rendah, sehingga menjadikannya sebagai tantangan pada proyek konstruksi. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan stabilisasi tanah dengan menambahkan semen pada tanah lempung serta terhadap waktu pemeraman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai CBR tanah lempung dengan penambahan semen sebesar 3%, 6%, dan 10%, serta waktu pemeraman selama 7 dan 14 hari. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental CBR soaked di laboratorium dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Sampel tanah diambil dari Jalan Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan semen sebesar 3%, 6%, dan 10% dengan waktu pemeraman tertentu meningkatkan nilai CBR, dengan nilai tertinggi CBR sebesar 40,10% pada campuran 10% semen setelah 14 hari pemeraman. Sementara itu, nilai CBR tanah asli hanya sebesar 4,6%. Nilai ini telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu lebih dari 6%. Dengan demikian, semakin tinggi persentase semen dan semakin lama waktu pemeraman, nilai CBR yang dihasilkan semakin meningkat.

Kata Kunci: Semen, CBR laboratorium soaked, lempung, stabilisasi

Abstract

Problems in road construction work are often caused by low CBR values in the subgrade. Soft clay soil has low bearing capacity, which makes it a challenge in construction projects. To resolve this issue, soil stabilization was carried out by using cement to bind the clay and by allowing sufficient curing time. This research aimed to analyze the CBR value of clay with the addition of 3%, 6%, and 10% cement, as well as curing times of 7 and 14 days. The method used was the CBR soaked experimental method in the laboratory with reference to the 2018 General Specifications for Road Construction. Soil samples were taken from Jalan Badak, Sail, Tenayan Raya District, Pekanbaru City, Riau. The research results showed that adding cement of 3%, 6% and 10% with a certain curing time increased the CBR value, with the highest CBR value of 40.10% in a mixture of 10% cement after 14 days of curing. Meanwhile, the CBR value of original land is only 4.6%. This value meets the 2018 Bina Marga specifications, namely more than 6%. Thus, the higher the cement percentage and the longer the curing time, the resulting CBR value increases.

Keywords: Cement, CBR laboratory soaked, clay, stabilization

1. Pendahuluan

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah yang sering ditemui di berbagai lokasi. Sifat tanah lempung yang plastis dan kohesif dapat menyebabkan masalah dalam konstruksi, seperti penurunan daya dukung dan stabilitas. Untuk meningkatkan karakteristik mekanik tanah lempung, salah satu metode yang sering digunakan adalah dengan stabilisasi menggunakan semen. Stabilisasi menggunakan semen dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah lempung, menjadikannya lebih sesuai untuk berbagai aplikasi konstruksi [1]. Namun, efektifitas proses stabilisasi ini sangat bergantung pada berbagai faktor, salah satunya adalah waktu pemeraman. Waktu pemeraman yang optimal dapat mempengaruhi tingkat pengikatan semen dengan partikel tanah, yang berujung pada peningkatan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dikarenakan semen merupakan bahan aditif yang mampu mengeras dan mengikat ketika bercampur dengan tanah [2].

Stabilisasi tanah dengan semen merupakan suatu upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang dilakukan secara kimia sehingga tanah memiliki daya dukung yang baik dan memenuhi spesifikasi yang ditentukan [3]. Keuntungan menggunakan semen sebagai bahan stabilisator adalah semen dapat memberikan ikatan antar partikel tanah yang lebih kuat. Kalsium silikat (C_3S dan C_2S) merupakan unsur yang paling banyak yaitu 70%-80% dari semen [4]. Semen jika terkena air C_3S akan terhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu C_3S juga berpengaruh besar pada kecepatan pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_2S bereaksi lebih lambat dengan air, sehingga pengaruhnya pada pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan kemudian memberikan kekuatan akhirnya [5].

Nilai CBR adalah parameter penting dalam rekayasa geoteknik yang menunjukkan kemampuan tanah untuk mendukung beban. Semakin tinggi nilai CBR, semakin baik daya dukung tanah tersebut. Berdasarkan [6] nilai CBR pada tanah dasar yang digunakan sebagai acuan ialah $> 6\%$. Oleh sebab itu, analisis terhadap waktu pemeraman pada nilai CBR tanah lempung yang distabilisasi dengan semen menjadi hal yang penting untuk dilakukan.

Penelitian [7], yang melakukan stabilisasi tanah di Kampung Bupul, Distrik Elikobel, Merauke, Papua menggunakan semen dilakukan untuk menganalisis karakteristik, kepadatan, dan kekuatan tanah setelah proses stabilisasi dengan Semen *Portland*. Pengujian CBR dilakukan dengan menggantikan masing-masing 3%, 6%, dan 10% dari berat tanah kering dengan semen pada kadar air optimum (OMC) dan dilakukan pemeraman tanpa rendaman selama 3 hari. Dari hasil pengujian terjadi peningkatan nilai CBR secara pada campuran 3%, 6%, dan 10% sebesar 11%, 21,5%, dan 29%. Kenaikan nilai CBR ini disebabkan oleh proses hidrasi semen dengan air yang berlangsung secara optimal pada campuran semen sehingga sampel tanah lebih padat dan kokoh.

Stabilisasi dengan semen atau sejenisnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya diantaranya [8] meneliti stabilisasi tanah ekspansif di Semarang dengan *lime*, *fly ash*, dan semen dengan lama pemeraman 7 hari dan 4 hari, sehingga menaikkan nilai CBR tanah. Penelitian [9] meneliti stabilisasi tanah ekspansif dengan semen pada sampel tanah ekspansif di Ethiopia. Persentase semen yang digunakan yaitu 10%, 12%, 14%, dan 16%. Hasilnya penambahan semen pada tanah ekspansif memperbaiki *engineering properties* tanah ekspansif di Ethiopia. Penelitian [10] meneliti tentang penambahan slag semen dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% dengan lama pemeraman 0 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Perbedaan dengan penelitian terdahulu yaitu dengan bahan stabilisator yang sama yaitu menggunakan semen tetapi variasi semen yang digunakan berbeda yaitu 3%, 6% dan

10% pada jenis tanah lempung, tetapi menggunakan waktu pemeraman yang berbeda yaitu 7 hari dan 14 hari.

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat dan lokasi pengambilan tanah

Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lancang Kuning. Sampel benda uji berupa tanah lempung yang diambil dari Jalan Badak, Sail, Kec. Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau.

2.2 Bahan dan alat penelitian

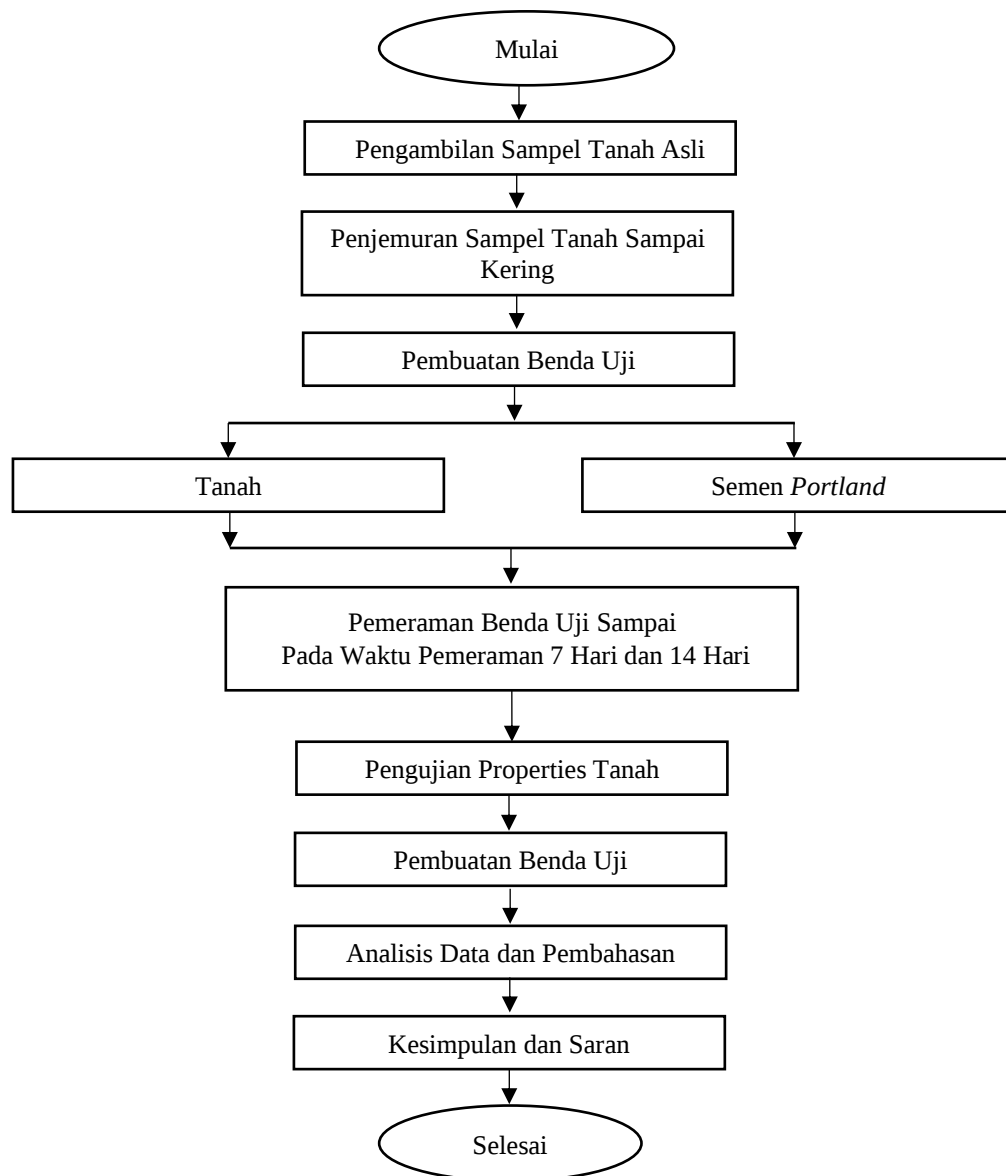
Bahan penelitian yang digunakan yaitu tanah lempung yang diambil dari Jalan Badak, Sail, Kec. Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau. Jenis tanah yang digunakan tanah lempung terganggu, yang diambil dengan cangkul, kemudian dibersihkan dari akar dan sampah sebelum dimasukkan ke dalam karung. Untuk tanah yang tidak terganggu, sampel diambil menggunakan alat *handbore*. Pada penelitian ini menggunakan bahan stabilisasi menggunakan semen. Jenis semen yang digunakan ialah semen *Portland* tipe 1. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat pengujian analisa saringan, alat pengujian berat jenis, alat pengujian kadar air, alat pengujian *atterberg limits*, alat pengujian *proctor*, dan alat pengujian CBR. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada pengujian tanah asli yaitu seperti pada Tabel berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Pengujian Tanah Asli

No	Pengujian	Jumlah Sampel
1	Uji Kadar Air	3
2	Uji Berat Jenis	3
3	Analisis Saringan	3
4	Uji <i>Atterberg</i>	3
5	Uji Pemadatan	3
6	Uji <i>California Bearing Ratio</i> (CBR)	3

2.3 Prosedur penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah langsung dari lapangan di daerah Jalan Badak, Sail, Kec. Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau. Sampel tanah yang didapat diuji di laboratorium tanah untuk mencari sifat fisik dan nilai CBR nya. Pada sampel tanah yang distabilisasi dengan semen diperam selama 7 hari dan 14 hari terlebih dahulu sebelum dilakukan uji CBR. Berikut adalah bagan alir penelitian:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

2.4 Analisa data

Data yang terkumpul dari pengujian di laboratorium kemudian diolah dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus sesuai ketentuan :

1. Untuk pengujian kadar air menggunakan standar SNI 1965-2008
2. Untuk pengujian berat jenis menggunakan standar SNI 1964-2008
3. Untuk pengujian *atterberg limits* menggunakan standar SNI 03-1966-2008
4. Untuk pengujian analisa saringan menggunakan standar SNI 3423-2008
5. Untuk pengujian pemadatan tanah menggunakan standar SNI 1742-2008
6. Untuk pengujian CBR tanah menggunakan standar SNI 1774-2012

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Tanah Asli

Hasil pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel berikut:

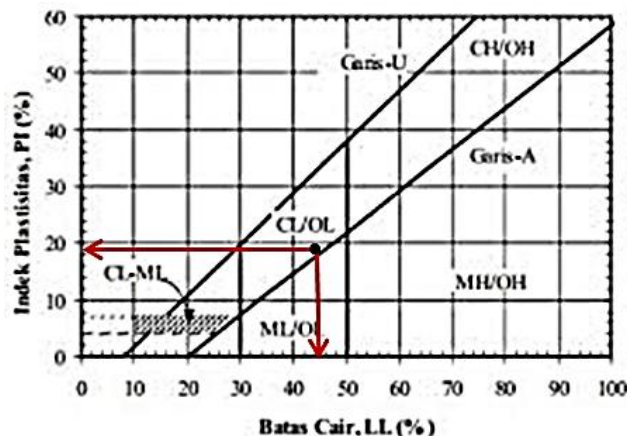
Tabel 2. Rekapitulasi Karakteristik Tanah Asli (Sumber: Hasil analisis, 2024)

Jenis Tanah	Kadar Air(%)	Berat Jenis	Batas-batas Atterberg			OMC	CBR	
			LL (%)	PL (%)	PI (%)		95%	100%
Lempung	29,86	2,656	44,51	26,3	18,21	19,80%	4,10%	4,60%

Dari hasil pengujian tanah asli pada tabel 3, diperoleh nilai kadar air tanah sebesar 29,86 %. Hasil pengujian berat jenis pada tanah asli didapatkan nilai rata rata 2,656 gram/cm³. Dari hasil laboratorium berat jenis tanah asli di kategori lempung organik (Hardiyatmo, C. H., 2017). Untuk pengujian *atterberg* diperoleh nilai plastisitas indeksnya sebesar 18,21%. Pada pengujian pemadatan diperoleh nilai kadar air optimum sebesar 19,80%. Nilai CBR tanah asli yang didapat dari pengujian dilaboratorium sebesar 4,6 %.

3.2. Klasifikasi tanah berdasar *Unified Soil Clasification System (USCS)*

Klasifikasi tanah bertujuan untuk menentukan jenis tanah yang telah diuji di laboratorium. Klasifikasi tanah metode USCS dapat dilihat pada Gambar berikut:



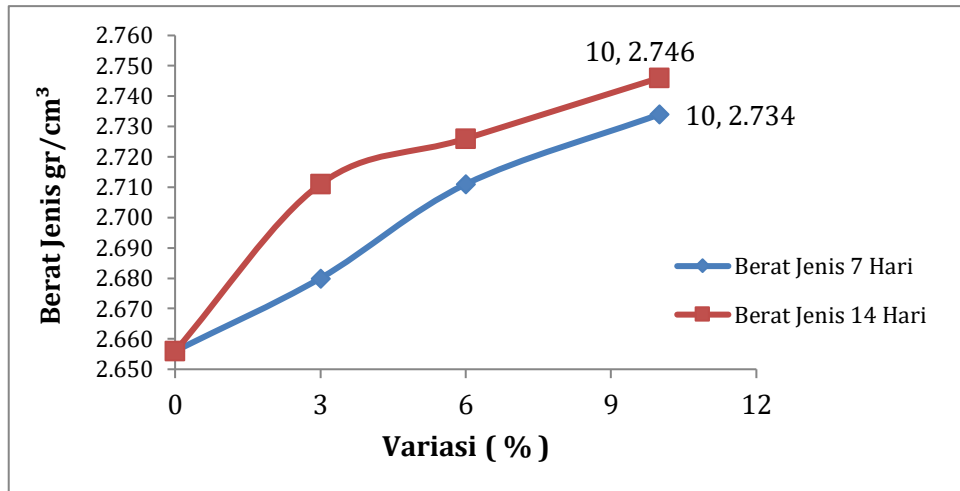
Gambar 2. Grafik Indeks Plastisitas USCS (Sumber: Hasil analisis, 2024)

Nilai Batas Cair (LL) dan nilai Indeks Plastisitas (PI) berdasarkan Gambar di atas maka tanah tersebut termasuk tergolong pada klasifikasi CL (Lempung plastisitas rendah). Berdasarkan klasifikasi AASTHO, plastisitas indeks tanah asli tergolong A-7-6 yaitu tanah berlempung. Hasil pengujian masuk dalam golongan tersebut karena memiliki nilai batas cair sebesar 44,51% dan memiliki nilai indeks plastisitas sebesar 18,21%.

3.3 Pengujian tanah yang distabilisasi

1. Pengujian berat jenis pada tanah yang distabilisasi

Hasil pengujian berat jenis tanah yang distabilisasi dengan semen 3%, 6% dan 10% waktu pemeraman 7 hari dan 14 hari dapat dilihat pada Gambar berikut:

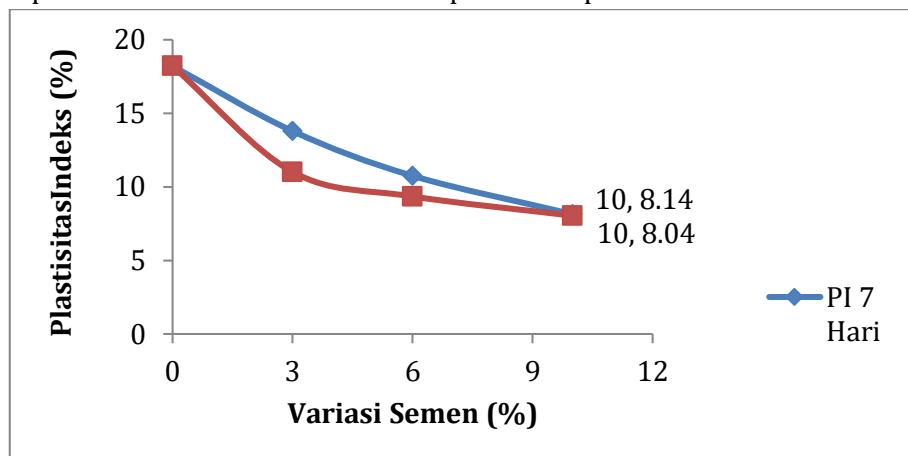


Gambar 3. Berat jenis tanah stabilisasi (Sumber: Hasil analisis, 2024)

Pada Gambar di atas menunjukkan bahwa tanah lempung yang distabilisasi dengan semen terhadap waktu pemeraman dapat meningkatkan nilai berat jenis dari awalnya sebesar 2,656 gr/cm³ menjadi 2,746 gr/cm³.

2. Pengujian atterberg pada tanah yang distabilisasi

Hasil pengujian atterberg pada tanah yang distabilisasi dengan semen 3%, 6% dan 10% waktu pemeraman 7 hari dan 14 hari dapat dilihat pada Gambar berikut:

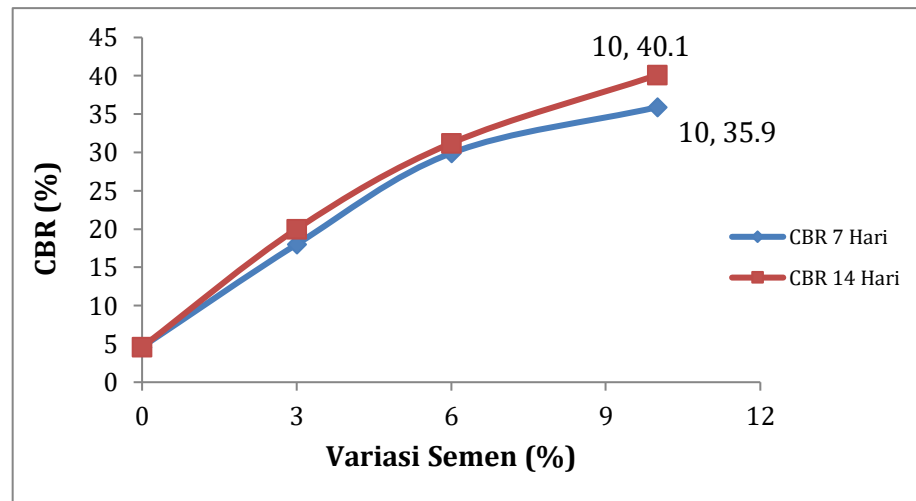


Gambar 4. Nilai plastisitas indeks tanah stabilisasi (Sumber: Hasil analisis, 2024)

Pada Gambar di atas menunjukkan bahwa tanah lempung yang distabilisasi dengan semen terhadap waktu pemeraman dapat menurunkan nilai plastisitas indeks dari awalnya sebesar 18,21 menjadi 8,04.

3. Pengujian CBR pada tanah yang distabilisasi

Hasil pengujian CBR pada tanah yang distabilisasi dengan semen 3%, 6% dan 10% waktu pemeraman 7 hari dan 14 hari dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 5. Nilai CBR tanah yang stabilisasi (Sumber: Hasil analisis, 2024)

Pada Gambar dapat dilihat bahwa dengan pencampuran semen pada pemeraman 7 dan 14 hari dapat meningkatkan nilai CBR dari tanah yang dari awalnya 4,6 meningkat menjadi 35,9% pada 7 hari dan 14 hari sebesar 40,1%.

3.4 Analisis

Pada pengujian CBR tanah dengan variasi semen terhadap waktu pemeraman, diperoleh nilai CBR tertinggi pada pengujian CBR tanah dengan variasi semen 10% terhadap waktu pemeraman 14 sebesar 40,10%. Dari hasil pengujian CBR, dengan melakukan pencampuran semen dan juga dengan semakin lamanya waktu pemeraman, maka dapat meningkatkan nilai CBR tanah tersebut. Nilai CBR yang diperoleh memenuhi spesifikasi untuk tanah dasar yakni sebesar $> 6\%$ (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Stabilisasi tanah dengan semen akan meningkatkan nilai CBR. Hal ini terjadi karena semen mengandung silika, lempung, dan kapur yang dapat mengikat air pada tanah lunak, membentuk pasta semen. Selain itu, semen akan mengikat butir-butir tanah lunak karena mengandung silika yang memiliki berat volume lebih besar dibandingkan butiran tanah asli. Dengan adanya proses pengikatan hidrolis pada tanah lunak oleh semen, tanah tersebut menjadi lebih kaku, cepat mengering, dan mengeras. Akibatnya, nilai CBR meningkat, yang kemudian akan meningkatkan stabilitas tanah (Razali., dkk., 2016). Nilai CBR yang distabilisasi juga dipengaruhi oleh waktu pemeraman, sehingga semakin lama sampel tanah dengan variasi semen dilakukan pemeraman maka mengakibatkan tanah semakin mengeras akibat bereaksi dengan semen [2].

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu terjadi peningkatan nilai CBR tanah dan lama waktu pemeraman juga dapat meningkatkan nilai CBR tanah lempung yang distabilisasi dengan semen. Variasi semen 10% dan lama pemeraman 14 hari menjadi nilai tertinggi pada penelitian ini yaitu nilai CBR 40,10%. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk menganalisis nilai kuat geser dan kuat tekan bebas tanah.

Daftar Pustaka

- [1] M. Anggraini and A. Saleh, "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Semen Terhadap Kuat Tekan Bebas," *Sainstek (e-Journal)*, vol. 9, no. 2, pp. 108–115, 2021, doi: 10.35583/js.v9i2.182.
- [2] B. Pandiangan and M. Jafri, "Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Semen pada Kondisi Tanpa Rendaman (Unsoaked)," *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 4, no. 2, pp. 2303–2314, 2016, [Online]. Available: <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/371/412%0Ahttps://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/371>.
- [3] A. Tana, S. S. Wibowo, and H. Rahman, "Kajian Stabilisasi Tanah dengan Semen dan bahan tambah sebagai Lapis Pondasi Pada Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Tanah dari Kawasan Ibu kota Nusantara)," *J. Tek. Sipil*, vol. 31, no. 1, pp. 53–60, 2024, doi: 10.5614/jts.2024.31.1.6.
- [4] M. Anggraini, *Stabilisasi Tanah Lempung*. Pekanbaru: LPPM Universitas Lancang Kuning, 2025.
- [5] E. Mina, R. I. Kusuma, and Z. I. Sausan, "Pemanfaatan Semen Slag Sebagai Campuran Stabilisasi Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR Terendam (Soaked California Bearing Ratio) (Studi Kasus: Jalan Raya Munjul Desa Pasir Tejo Kabupaten Pandeglang, Banten)," *J. Tek. Sipil*, vol. 28, no. 3, 2021, doi: 10.5614/jts.2021.28.3.3.
- [6] B. Marga, "Spesifikasi umum 2018," *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, vol. 16, no. Revisi 2, 2020.
- [7] A. Tjakra Kusuma, H. A. Maulana, and G. S. Budi, "Stabilisasi Tanah Merauke–Papua Dengan Menggunakan Semen," *J. Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 9–16, 2019.
- [8] Pratikso, A. Rochim, R. Mudiyo, and A. Situmorang, "Stabilization of Expansive Soil with Lime, Fly Ash and Cement," *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, vol. 11, no. 4s, pp. 491–497, 2023.
- [9] A. Sorsa, "Engineering Properties of Cement Stabilized Expansive Clay Soil," *Civ. Environ. Eng.*, vol. 18, no. 1, pp. 332–339, 2022.
- [10] W. Fathonah, E. Mina, R. I. Kusuma, and D. Y. Ihsan, "Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen Slag Serta Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) (Studi Kasus: Jl. Munjul, Kp. Ciherang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang)," *J. Fondas*, vol. 9, no. 1, pp. 87–93, 2020.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1738:2011 Cara uji CBR (California Bearing Ratio) Lapangan," 2011.
- [12] Hardiyatmo, H., and C. Mek, *Hardiyatmo, H & C. Mekanika Tanah 1. (2017). anika Tanah 1. 2017.*
- [13] S. U. B. Marga, "Spesifikasi Umum Binamarga 2018," no. September, 2018.
- [14] M. R. Razali et al., "NILAI CBR PADA STABILISASI TANAH DENGAN SEMEN," vol. 8, no. 2, 2016.