

Optimalisasi *California Bearing Ratio* Tanah Lempung Lunak Menggunakan Metode Stabilisasi Dua Tahap

Sozatulo Gulo, Rizky Franchitika

Universitas Harapan Medan

* e-mail: suzatulogulo@gmail.com

Abstrak

Tanah dengan karakteristik yang kurang baik sering menimbulkan permasalahan baru, salah satunya adalah jenis tanah lempung lunak. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode perbaikan tanah untuk mengubah karakteristik tanah tersebut. Stabilisasi dua tahap menggunakan abu batu bukho dan abu vulkanik berpotensi mengatasi permasalahan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) optimum sebesar 9,245% dari stabilisasi dua tahap tanah lempung lunak dengan variasi bahan tambah 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik. Penambahan 6% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan 100% kepadatan tanah. Penambahan 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan 100% kepadatan tanah. Penambahan 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan 100% kepadatan tanah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh stabilisasi dua tahap berdasarkan variasi persentasi dapat meningkatkan kepadatan tanah.

Kata Kunci: Stabilisasi, Tanah Lempung, Batu Bukho, Abu Vulkanik, CBR

Abstract

Soil with unfavorable characteristics often creates new problems, one of which is soft clay. Therefore, a soil improvement method is needed to change the characteristics of the soil. Two-stage stabilization using bukho rock ash and volcanic ash has the potential to overcome this problem. Based on the results of the study, the optimum CBR value was 9.245% from the two-stage stabilization of soft clay soils with 12% bukho rock ash and 4% volcanic ash added. The addition of 6% bukho rock ash and 4% volcanic ash obtained 100% soil density. The addition of 9% bukho rock ash and 4% volcanic ash obtained 100% soil density. The addition of 12% bukho rock ash and 4% volcanic ash obtained 100% soil density. This shows that the effect of two-stage stabilization based on percentage variations can increase soil density.

Keywords: Stabilisation, Clay, Bukho Rock, Volcanic Ash, CBR



Licensees may copy, distribute, display and perform the work and make derivative works and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits ([attribution](#)) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for [non-commercial](#) purposes.

PENDAHULUAN

Tanah lunak merupakan jenis tanah yang kerap mengalami permasalahan, karena tanah lunak sangat berpotensi mengalami penurunan kestabilan konstruksi. Tanah lunak sebagian besar terdiri dari butiran yang sangat kecil, baik tanah lempung maupun tanah lanau yang merupakan jenis tanah kohesif (Wesley, 2017). Jenis tanah lempung lunak umumnya memiliki nilai CBR yang rendah, sehingga tanah ini akan bermasalah apabila digunakan untuk tanah dasar pembangunan jalan (Satria, Fatnanta and Nugroho, 2020). Tanah lempung lunak

mengandung mineral-mineral lempung dan kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser rendah. Tanah lempung lunak didefinisikan sebagai lempung yang mempunyai tegangan geser kurang dari 25 kPa (Darmawandi *et al.*, 2020).

Tanah yang memiliki karakteristik yang kurang baik sering menimbulkan permasalahan, seperti tanah lunak yang mempunyai daya dukung yang rendah. Untuk memperbaiki karakteristik tanah tersebut dibutuhkan suatu cara atau metode untuk memperbaikinya, sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan infrastruktur yang semakin pesat di era modern ini. Waruwu

(2013) menyatakan tanah lempung dikategorikan sebagai jenis tanah berbutir halus, memiliki daya dukung rendah dan sangat sensitif terhadap perubahan kadar air dan tanah yang memiliki *California Bearing Ratio* atau CBR <5% dikategorikan sebagai tanah yang kurang baik. Karakteristik tanah juga dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daya Dukung Tanah Dihubungkan dengan Nilai CBR

No.	CBR (%)	Daya Dukung Tanah
1	2% - 5%	Tidak baik (rendah)
2	6% - 9%	Sedang
3	>9%	Baik

Karakteristik tanah berdasarkan nilai indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2. Menurut Hardiyatmo (2002), indeks plastisitas tinggi dengan jenis tanah lempung atau tanah kohesif memiliki nilai lebih besar dari 17%, sedangkan tanah yang mempunyai indeks plastisitas sedang dengan jenis tanah lempung berlanau dan masih tergolong tanah kohesif memiliki nilai antara 7-17%, beserta jika memiliki indeks plastisitas lebih besar dari 7%, tanah tersebut dikategorikan dengan jenis tanah lanau atau tanah kohesif sebagian dan memiliki sifat plastisitas rendah. Sementara tanah non plastis (NP) dengan jenis tanah pasir atau tanah umum dikatakan non kohesif dan tidak memiliki indeks plastisitas.

Tabel 2. Nilai indeks plastisitas (Hardiyatmo, 2002)

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesif
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Upaya yang dilakukan untuk memperbaiki karakteristik tanah yang kurang baik, yaitu dengan cara melakukan stabilisasi secara kimiawi. Stabilisasi kimiawi merupakan salah satu perbaikan tanah dengan menggunakan bahan stabilisator yang mampu mengurangi atau mengubah sifat karakteristik tanah yang kurang menguntungkan untuk peningkatan kestabilan yang tinggi. Selain itu, stabilisasi

berfungsi sebagai bahan pengikat terhadap setiap butiran.

Abu batu bukho dan abu vulkanik berpotensi sebagai alternatif bahan stabilisator untuk memperbaiki kondisi tanah kurang baik. Sihotang (2018) menyatakan bahwa batu bukho cocok digunakan sebagai material pondasi dasar pada perkerasan jalan raya, karena memiliki nilai CBR > 20%. Berdasarkan hasil penelitian, efektifitas penggunaan abu vulkanik mampu meningkatkan nilai CBR tanah untuk tebal 16-20 cm adalah sebesar 34-55 kali dari nilai CBR tanah lempung lunak (tanah asli) (Waruwu et al., 2021).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mencoba perbaikan nilai CBR tanah lempung lunak dengan stabilisasi dua tahap. Penelitian terdahulu pernah melakukan stabilisasi dua tahap, yaitu dengan hasil perlakuan stabilisasi dua tahap menggunakan kapur dan semen, nilai UCS mengalami peningkatan dibanding kan dengan menggunakan kapur atau semen saja (Suaryana and Fransisko, 2018). Akan tetapi, penelitian ini lebih mengarah pada stabilisasi dua tahap menggunakan abu batu bukho dan abu vulkanik.

METODE

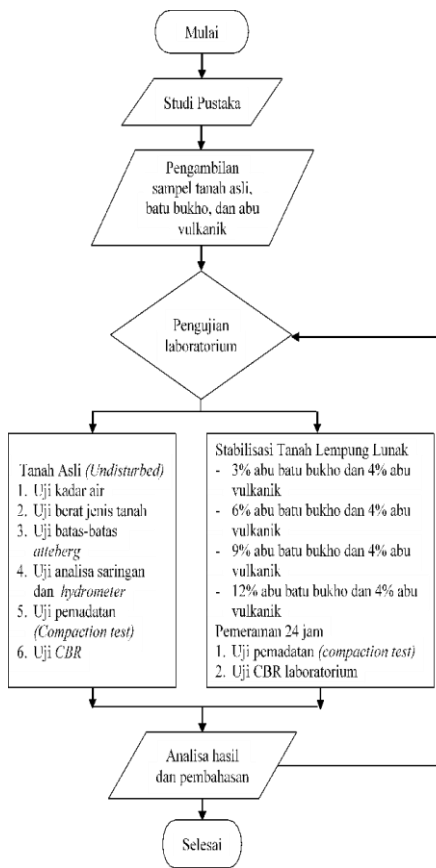
Penelitian ini bertujuan melakukan perbaikan nilai CBR tanah lempung lunak dengan stabilisasi dua tahap menggunakan abu batu bukho dan abu vulkanik yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Medan. Bahan penelitian terdiri atas tanah lempung lunak, abu batu bukho, abu vulkanik, dan air.

Tanah lempung lunak yang digunakan merupakan tanah lunak yang telah dikeringkan dan ditumbuk hingga halus lolos saringan nomor 40. Sampel tanah lempung lunak ini berasal dari desa Pematang Biara, kecamatan Pantai Labu, kabupaten Deli Serdang, provinsi Sumatera Utara.

Abu batu bukho merupakan salah satu bahan tambah yang digunakan untuk stabilisasi tanah lempung lunak. Abu batu bukho adalah hasil penumbukkan batu bukho yang telah dikeringkan hingga lolos saringan nomor 40. Abu batu bukho tersebut berasal dari desa Tefao, Kecamatan Lahewa Timur, kabupaten Nias Utara, provinsi Sumatera Utara.

Abu vulkanik yang digunakan dipenelitian ini sebagai bahan stabilisasi tanah lempung lunak merupakan semburan partikel halus hasil dari erupsi gunung Sinabung yang kemudian ditumbuk dan digiling lolos saringan nomor 40. Abu vulkanik tersebut berasal dari daerah Desa Singgarang-garang Kabanjahe, Kecamatan Namanteren, Kabupaten Karo, provinsi Sumatera Utara.

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengujian terhadap tanah asli, pengujian stabilisasi dua tahap dengan abu batu bukho dan abu vulkanik, Selanjutnya dilakukan analisa dan pembahasan. Bagan alur metodologi diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

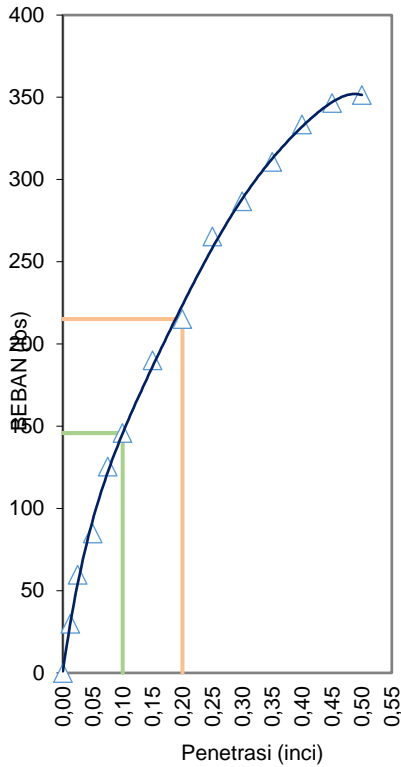
Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa tanah yang berasal dari Kecamatan Pantai Labu dikategorikan sebagai tanah lempung bersimbol A-7-5 berdasarkan klasifikasi *American of State Highway and Transportation Officials Clasification*

(AASHTO) karena jumlah lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sebesar 92,66, LL > 74,64%, dan PI > 38,95% . Hasil pengujian tanah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengujian Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Hasil
1	Berat jenis (Gs)	gr/cm ³	2,45
2	Kadar Air (w)	(%)	36,73
3	Batas <i>atterberg</i>		
-	Batas Cair (LL)	(%)	74,64
-	Batas Plastis (PL)	(%)	35,69
-	Indeks Plastisitas (PI)	(%)	38,95
4	Lolos Saringan No. 200	(%)	92,66
5	Klasifikasi Tanah		
-	AASHTO		A-7-5

Berdasarkan Tabel 3 tanah yang berasal dari kecamatan pantai labu tersebut merupakan tanah lempung yang perlu dilakukan perbaikan karena memiliki nilai Indeks Plastisitas lebih besar dari 7% (Hardiyatmo, 2002). Berdasarkan pengujian pemadatan tanah asli didapatkan kadar air optimum (W_{Opt}) sebesar 33,8% dari berat isi kering (γ_d) sebesar 1,292 gr/cm³, dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 2. Hasil pengujian CBR laboratorium tanah asli atau tanah lempung lunak didapatkan nilai CBR pada 0,1” sebesar 4,861% dan pada 0,2” sebesar 4,782%. Dari hasil tersebut maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang maksimum yaitu 4,861%. Hasil pengujian CBR dapat terlihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak nilai CBR sebesar 4,861% dikategorikan sebagai karakteristik tanah kurang baik (Waruwu, 2013).

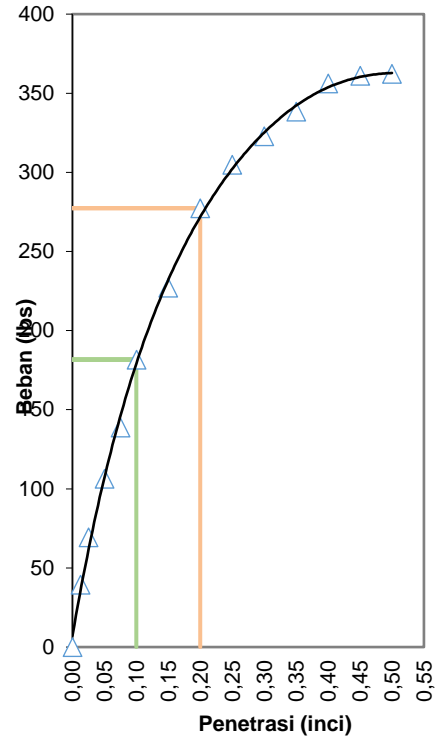


Gambar 2. Hasil Pengujian CBR Laboratorium tanah lempung lunak

Berdasarkan pengujian pemadatan tanah lempung lunak dengan penambahan 3% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan kadar air optimum (W_{Opt}) sebesar 32,1% dari berat isi kering (ρ_d) sebesar 1,33 gr/cm³.

Hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 3% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan nilai CBR pada 0,1” sebesar 6,057% dan pada 0,2” sebesar 6,163%. Dari hasil tersebut maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang maksimum yaitu 6,163%. Hasil pengujian CBR dapat terlihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 3% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik nilai CBR sebesar 6,163% dikategorikan sebagai karakteristik tanah sedang (Waruwu, 2013).

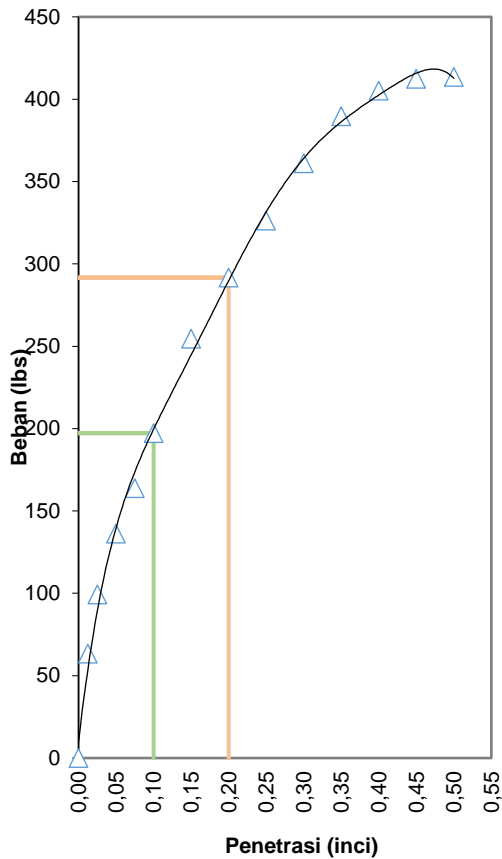


Gambar 3. Hasil Pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 3% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik

Berdasarkan pengujian pemadatan tanah lempung lunak dengan penambahan 6% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan kadar air optimum (W_{Opt}) sebesar 30,2% dari berat isi kering (ρ_d) sebesar 1,39 gr/cm³.

Hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 6% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan nilai CBR pada 0,1” sebesar 6,575% dan pada 0,2” sebesar 6,482%. Dari hasil tersebut maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang maksimum yaitu 6,575%. Hasil pengujian CBR dapat terlihat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 6% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik nilai CBR sebesar 6,575% dikategorikan sebagai karakteristik tanah sedang (Waruwu, 2013).

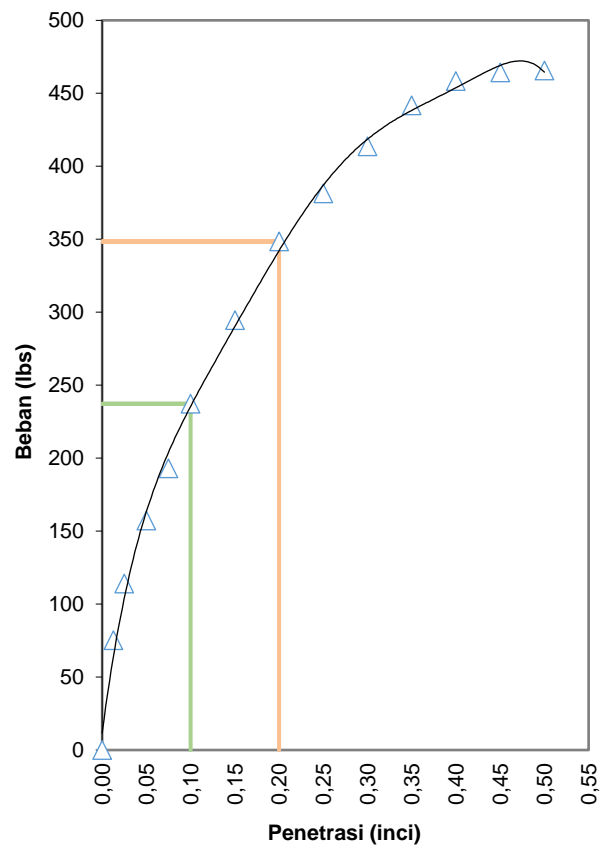


Gambar 4. Hasil Pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 6% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik

Berdasarkan pengujian pemadatan tanah lempung lunak dengan penambahan 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan kadar air optimum (W_{Opt}) sebesar 29,5% dari berat isi kering (ρ_d) sebesar 1,39 gr/cm³.

Hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan nilai CBR pada 0,1” sebesar 7,910% dan pada 0,2” sebesar 7,744%. Dari hasil tersebut maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang maksimum yaitu 7,910%. Hasil pengujian CBR dapat terlihat pada

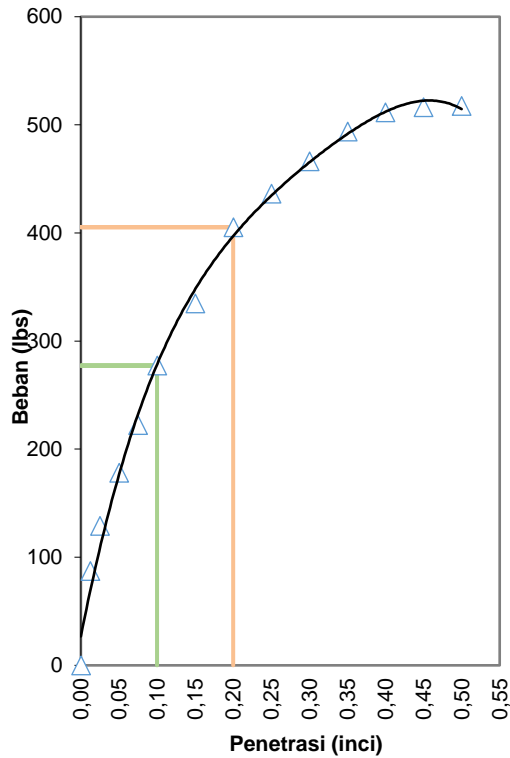
Berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik nilai CBR sebesar 7,910% dikategorikan sebagai karakteristik tanah sedang (Waruwu, 2013).



Gambar 5. Hasil Pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik

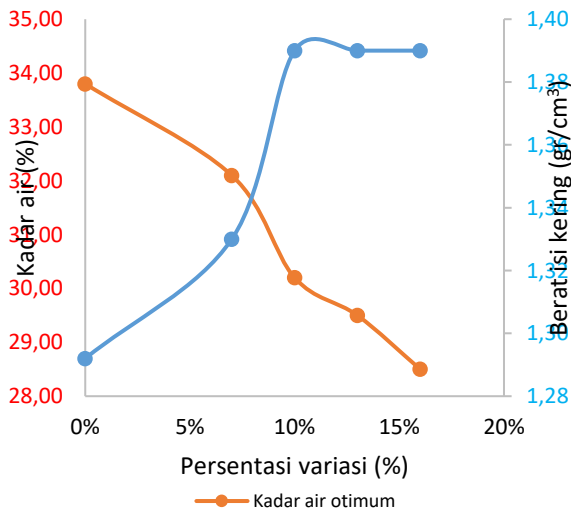
Berdasarkan pengujian pemadatan tanah lempung lunak dengan penambahan 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan kadar air optimum (W_{Opt}) sebesar 1,39% dari berat isi kering (ρ_d) sebesar 28,5 gr/cm³.

Hasil pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik didapatkan nilai CBR pada 0,1” sebesar 9,245% dan pada 0,2” sebesar 9,006%. Dari hasil tersebut maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang maksimum yaitu 9,245%.



Gambar 6. Hasil Pengujian CBR laboratorium tanah lempung lunak dengan penambahan 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik

Hasil uji pemadatan terdapat pengaruh nilai kadar air dengan berat isi kering dari setiap penambahan variasi bahan tambah tanah lempung lunak dapat dilihat pada Gambar 7.

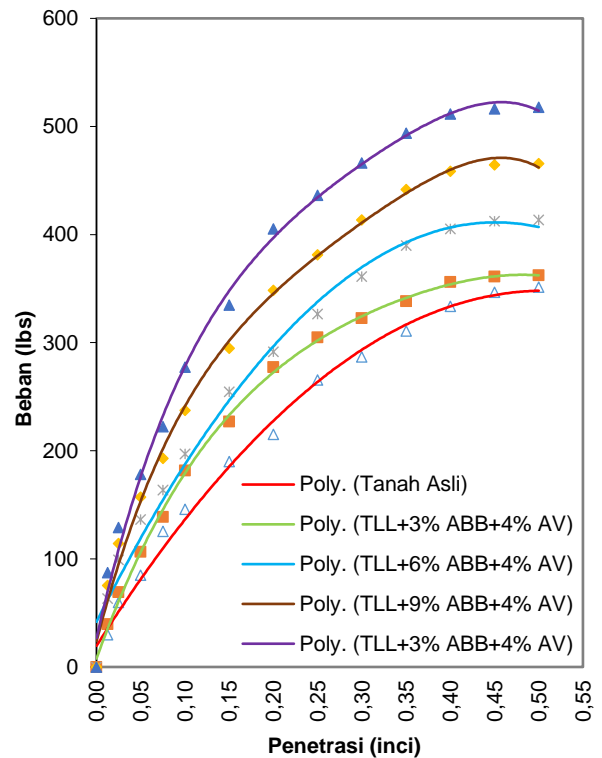


Gambar 7. Perbandingan hasil uji pemadatan (*compaction test*)

Berdasarkan Gambar 7, dapat disimpulkan semakin besar kadar air tanah pada persentasi variasi bahan tambah tanah lempung lunak, maka semakin rendah berat isi kering atau semakin rendahnya kadar air tanah dari pada persentasi variasi bahan tambah tanah lempung

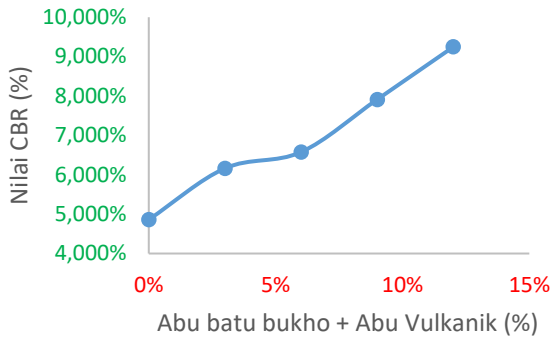
lunak, maka semakin besar berat isi kering sehingga besar juga usaha pemadatan terhadap tanah tersebut.

Hasil uji CBR laboratorium tanah lempung lunak (tanpa stabilisasi) dan tanah lempung lunak dengan stabilisasi dua tahap dapat dilihat pada Gambar 5.12. Stabilisasi tanah dengan menggunakan bahan tambah abu batu bukho dan abu vulkanik dapat meningkatkan nilai CBR, dimana hasil pengujian nilai CBR tanah lempung lunak lebih rendah dibandingkan tambah lempung lunak yang distabilisasi.



Gambar 8. Perbandingan nilai CBR tanah lempung lunak terhadap tanah lempung lunak dengan stabilisasi dua tahap disetiap variasi

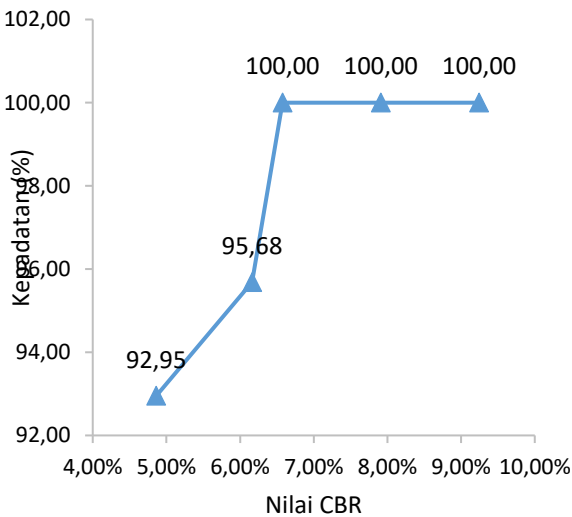
Dari Gambar 9 didapatkan nilai CBR optimum sebesar 9,245% dari stabilisasi dua tahap tanah lempung lunak dengan persentasi 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik. Hal tersebut menunjukkan pengaruh stabilisasi dua tahap berdasarkan persentasi dapat meningkatkan kepadatan tanah, dimana semakin bertambah persentasi bahan tambah abu batu bukho dan abu vulkanik dapat meningkatkan nilai CBR.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai CBR dengan persentasi bahan tambah

Tabel 4. Nilai CBR

Variasi		(V _d)	Nilai CBR	Kepadatan
Abu Batu Bukho	Abu Vulkanik			
Tanah Asli/Tanah Lempung Lunak		1,292	4,861%	92,95%
3%	4%	1,33	6,163%	95,68%
6%	4%	1,39	6,567%	100%
9%	4%	1,39	7,910%	100%
12%	4%	1,39	9,245%	100%



Gambar 10. Hubungan Nilai CBR dengan kepadatan

KESIMPULAN

Nilai CBR laboratorium pada stabilisasi tanah lempung lunak dengan dua tahap menggunakan abu batu bukho dan abu vulkanik mengalami peningkatan yang signifikan seiring bertambahnya variasi campuran bahan tambah. Nilai CBR tanah lempung lunak (tanah asli) sebesar 4,861%, sedangkan nilai CBR tanah lempung lunak dengan

stabilisasi dua tahap menggunakan abu batu bukho dan abu vulkanik sebesar 6,163%-9,245%. Penggunaan stabilisasi dua tahap pada perbaikan nilai CBR tanah lempung lunak didapatkan peningkatan yang signifikan tinggi pada penambahan 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik sebesar 9,245% sehingga memiliki karakteristik tanah yang baik.

Kepadatan tanah lempung lunak sebesar 100% pada saat penambahan 6% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik, 9% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik, beserta penambahan 12% abu batu bukho dan 4% abu vulkanik.

DAFTAR PUSTAKA

Darmawandi, A. *et al.* (2020) ‘Karakteristik tanah lunak Sumatera Utara berdasarkan pengujian kuat tekan bebas’, *Semnastek UISU*, 1, pp. 16–20.

Das, M.B. (1995) *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Geoteknik)*. jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Hardiyatmo, H.C. (2002) *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo, H.C. (2010) *Stabilitas Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Cetakan Pe. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Lambe, T.. (1962) *Soil Stabilization, Foundation Engineering*. New York: G.A Leonard, McGrawHill.

Latif, D.O., Rifa’i, A. and Suryolelono, & K.B. (2017) ‘Perbaikan Sifat Mekanis Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Abu Vulkanis Sinabung dan Kapur’, *Jurnal Sainstis*, 17(1), pp. 24–32.

Panduan Geoteknik-1 (2002) ‘Timbunan Jalan pada Tanah Lunak - Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak’, in. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, WSP International.

Panduan Geoteknik-4 (2002) ‘Timbunan Jalan pada Tanah Lunak-Desain dan Konstruksi’, in. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, WSP International.

Pardin (2020) ‘Perbandingan Material Batu Bukho dan Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah.’

Satria, Z., Fatnanta, F. and Nugroho, S.A. (2020) ‘Pengaruh Waktu Terhadap Daya Dukung Fondasi Tiang pada Tanah Lunak dengan Variasi Kekasaran’, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16(1), pp. 12–24.

Sitohang, O. (2018) ‘Bukho Stone Feasibility (Nias) As A Layer Subbase Course on The

Pavement', 4(1), pp. 579–581.

Suaryana, N. and Fransisko, S. (2018) 'Stabilisasi dua tahap menggunakan kapur dan semen untuk memperbaiki daya dukung tanah yang ekspansif', 35(1), pp. 31–39.

Sudarmo, D. G ; Purnomo, E. (1997) *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Kanisius.

Tripuro, F.A. and Rahayu, T. (2016) 'Analisa Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Gunung Kelud Pada Stabilisasi', *Jurnal Konstruksia*, 7(2), pp. 75–82.

Waruwu, A. (2013) 'Korelasi Nilai Kuat Tekan dan CBR Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Abu Batu dan Semen', *Jurnal Rancang Sipil*, 2(1), pp. 99–108.

Waruwu, A. *et al.* (2021) 'Kajian Nilai

California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah Lempung Lunak Dengan Variasi Tebal Stablisasi Menggunakan Abu Vulkanik', *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-UNAND)*, 17(2), pp. 116–130.

Wesley, L.D. (2017) *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbitan Pekerjaan Umum.

Zaro, K., Nugroho, S.A. and Fatnanta, F. (2014) 'Pengaruh Kadar Lempung dengan Kadar Air di atas OMC Terhadap Nilai CBR dengan dan Tanpa Rendaman pada Tanah Lempung Organik.', *Jom FTeknik*, 1(2), pp. 1–5.