

Pengaruh Campuran Metakaolin dan Waterglass Terhadap Nilai California Bearing Ratio Tanah Lempung

Abraham Ganti¹, Ermitha Ambun RD², Escher Kalapadang³,
Rael Rabang Matasik⁴, Feri Daud Biang⁵

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil

Universitas Kristen Indonesia Toraja

* Corresponding Author e-mail: ambun.rombe@gmail.com

Article History

Received: 22-11-2024

Revised: 3-1-2025

Published: 1-2-2025

Key Words:

CBR, Metekaolin, Clay,
Stabilization,
Waterglass

Abstract: Good subgrade for construction has sufficient bearing capacity to receive the load above it and is able to maintain volume changes during the service period. However, not all places have soil with good bearing capacity, even the soil tends to be soft. Soil improvement is needed before construction is carried out on soft soil. Stabilization is one solution to improve soft soil using mixed materials and is expected to minimize poor soil properties. This study aims to instill the effect of using metakaolin and waterglass as soil stabilization materials. The method used in this study is an experimental test in the laboratory by mixing soil with waterglass and metakaolin. Sample testing carried out at the Geotechnical Laboratory of Civil Engineering UKI Toraja includes specific gravity tests, soil grain distribution tests, Atterberg limits tests, soil density tests and CBR tests. The variations of metakaolin and waterglass used in this study are variations of 0%, 5%, 10% and 15% of the dry soil weight and 10% waterglass ash of the water weight. The results of CBR testing on soil with stabilization materials gave the highest increase in 12 days of curing with variations of metakaolin and waterglass used of 5%, 10% and 15% and 10% waterglass respectively of 1.82%, 2.39% and 3.11% against soil that did not use metakaolin and waterglass stabilization materials.

Kata Kunci:

CBR, Metekaolin,
Tanah Lempung,
Stabilisasi, Waterglass.

Abstrak: Tanah dasar yang baik untuk konstruksi mempunyai daya dukung yang cukup untuk menerima beban diatasnya serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan. Namun tidak semua tempat memiliki tanah dengan daya dukung yang baik bahkan tanah cenderung lunak. Perlu dilakukan perbaikan tanah sebelum dilakukan pembangunan konstruksi diatas tanah lunak. Stabilisasi merupakan salahsatu solusi perbaikan tanah lunak menggunakan bahan campuran dan diharapkan dapat meminimalisir sifat-sifat tanah yang kurang baik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penggunaan metakaolin dan waterglass sebagai bahan stabilisasi tanah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji eksperimental di laboratorium dengan mencampurkan tanah dengan waterglass dan metakaolin. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Geoteknik Teknik Sipil UKI Toraja meliputi uji berat jenis, uji distribusi butiran tanah, uji batas-batas atterberg, uji kepadatan tanah dan uji CBR. Variasi metakaolin dan waterglass yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat tanah kering serta abu waterglass 10% dari berat air. Hasil pengujian CBR pada tanah dengan bahan stabilisasi dengan memberikan kenaikan tertinggi pada pemeraman 12 hari dengan variasi metakaolin dan waterglass yang digunakan 5%, 10% dan 15% serta 10% waterglass masing-masing sebesar sebesar 1.82%, 2.39% dan 3.11% terhadap tanah yang tidak menggunakan bahan stabilisasi metakaolin dan waterglass.



Pendahuluan

Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Namun tidak semua tempat memiliki tanah dengan daya dukung yang baik bahkan tanah cenderung lunak. Masalah utama pembangunan konstruksi di tanah lunak adalah terbatasnya daya dukung dan penurunan tanah yang besar dan cenderung tidak seragam sehingga dapat menyebabkan konstruksi tidak memiliki umur layananan yang panjang dan biaya konstruksi yang lebih mahal. (Gultom et al., 2022). Berdasarkan data penyebaran tanah lunak di wilayah Indonesia, diperkirakan sekitar 20 juta hektar atau sekitar 10 persen dari luas total daratan Indonesia (Kementerian ESDM, 2019).

Tanah lunak dapat dibagi dalam dua tipe yaitu tanah lempung lunak dan tanah gambut. Tanah lempung lunak memiliki kandungan mineral lempung dan kadar air yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan kuat geser yang rendah (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002). Sifat-sifat tanah lunak, antara lain konsistensi lunak-sangat lunak, kadar air tinggi, gaya geser kecil, kemampatan besar, daya dukung rendah dan tingkat penurunan tinggi. Tanah lunak merupakan tanah terkonsolidasi normal atau *over konsolidasi (lightly over consolidated)* yang memiliki nilai CBR kurang dari 2,5% dan kekuatan geser (q_c) lebih kecil dari 7,5 kPa, dan umumnya $IP > 25$ (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017; Muhiddin et al., 2021). Tanah lunak umumnya berupa tanah lempung yang memiliki kuat geser yang sangat rendah antara 25 kPa sampai 50 kPa (Terzaghi et al., 1996). Sifat inilah yang dapat menyebabkan kerusakan baik kerusakan alam seperti tanah longsor maupun kerusakan pada konstruksi bangunan. Oleh sebab itu harus dilakukan perbaikan tanah (*soil improvement*) sebelum dilakukan pembangunan konstruksi di atasnya.

Perbaikan tanah dengan tujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya dengan stabilisasi. Stabilisasi tanah dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli dengan cara antara lain menambahkan suatu bahan tertentu yang mengakibatkan perubahan sifat-sifat tanah asli tersebut. Disamping itu, stabilisasi tanah diperlukan dalam rangka memperbaiki sifat-sifat tanah yang mempunyai daya dukung rendah, indeks plastisitas tinggi, pengembangan (*swelling*) tinggi dan gradasi yang buruk menjadi lebih baik untuk dasar suatu bangunan khususnya untuk jalan. Stabilisasi tanah merupakan metode perbaikan dalam memaksimalkan kualitas tanah dasar dengan meningkatkan mutu tanah serta daya dukung tanah terhadap beban-beban yang bekerja di atasnya (Hardiyatmo, 2016; Putranto, 2020). Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan mencampurkan bahan kimia maupun organik dengan tanah kemudian dipadatkan. Bahan campuran tersebut diharapkan dapat meminimalisir sifat-sifat tanah yang kurang baik. Oleh sebab itu penggunaan material sebagai bahan stabilisator yang memiliki daya ikat sehingga dapat merekatkan butir-butir tanah sangat diperlukan.

Salahsatu bahan yang mengandung silika yang berfungsi sebagai pozzolan yang akan bereaksi dengan senyawa H_2O hasil tanah dan serat alami yaitu berfungsi sebagai

pengikat butir-butir tanah yaitu metakaolin. Metakaolin adalah mineral yang kaya akan kaolinit dikenal sebagai tanah liat cina atau kaolin, yang secara tradisional digunakan dalam pembuatan porselen. Metakaolin diperoleh dari bahan dasar kaolin yang dipanaskan pada suhu $650^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$ selama 6-7 jam sehingga kaolin tersebut mengalami proses dehidroksilasi. Proses tersebut memecah struktur kaolin sedemikian rupa sehingga lapisan alumina dan silika menjadi mengerut dan kehilangan keteraturannya dan terbentuklah metakaolin (Justice, 2005). Metakaolin berperan sebagai pozzolan yang akan bereaksi dengan senyawa H_2O dimana hasil reaksi yang berfungsi sebagai perekat campuran tanah sehingga dapat meningkatkan mutu dari tanah itu sendiri.

Bahan lainnya yang dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi yaitu *waterglass*. *Waterglass* dengan komposisi Sodium Metasilikat (Na_2SiO_3 atau $\text{NaSiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) biasa disebut sodium silikat merupakan bagian dari garam yang larut dalam air. Seperti kristal kalau dalam bentuk padat, bila *waterglass* meleleh apabila dilarutkan dalam air panas. Stabilisasi tanah menggunakan *waterglass* bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan mengurangi permeabilitas tanah, terutama pada tanah ekspansif, dengan cara mengikat partikel-partikel tanah dan membentuk struktur yang lebih padat. *Waterglass* terikat dan lebih kuat apabila berupa cairan yang masuk kedalam pori tanah dan bereaksi dengan tanah. *Waterglass* akan lebih mudah masuk atau meresap kedalam tanah apabila *waterglass* berbentuk gel ditambahkan dengan air pada komposisi tertentu (Alifita R, 2018; Desiana, 2012; Muhiddin & Tangkeallo, 2020). *Waterglass* berfungsi sebagai bahan pengikat dalam proses stabilisasi tanah sehingga partikel-partikel tanah lempung dan metakaolin melekat dapat melekat dengan baik. Selain itu karena sifat pozzolaniknya yang membentuk senyawa yang bersifat semen sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan mengurangi kembang-susut tanah dengan baik (Rashad, 2013)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan campuran metakaolin dan *waterglass* sebagai bahan stabilisator terhadap nilai CBR tanah lempung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi dunia konstruksi untuk memperbaiki sifat tanah lempung sekaligus meningkatkan daya dukungnya.

Metode Penelitian

Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Geoteknik Teknik Sipil UKI Toraja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental di laboratorium. Bahan yang digunakan yaitu tanah lempung, metakaolin, dan *waterglass*. Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kelurahan Parinding, Kecamatan Sesean, Kabupaten Toraja Utara. *Waterglass* yang digunakan 10% dari berat air, dan metakaolin yang digunakan dengan variasi 5%, 10% dan 15 %. *Waterglass* dan metakaolin diperoleh dari toko bahan kimia.

Pengujian yang dilakukan yaitu uji California Bearing Ratio (CBR) yang dilakukan pada sampel yang telah mengalami masa pemeraman selama 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Pengujian yang dilakukan meliputi karakteristik fisik dan mekanis pada

tanah tanpa bahan stabilisasi dan tanah dengan bahan stabilisasi, meliputi uji berat jenis tanah, uji analisa distribusi butiran, uji batas – batas konsistensi tanah dan uji kuat tekan bebas tanah.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik fisik dan mekanis yang dimiliki tanah tanpa bahan stabilisasi dan tanah dengan bahan stabilisasi variasi campuran 5%, 10%, dan 15% metakaolin dari berat tanah kering serta *waterglass* yang digunakan 10% dari berat air dengan waktu pemeraman 3 hari, 7 hari dan 14 hari, dapat diketahui dengan melakukan pengujian dilaboratorium dengan mengikuti prosedur percobaan yang ada dalam SNI. Adapun hasil pengujian untuk tanah tanpa bahan stabilisasi dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan untuk hasil pengujian karakter fisik dan mekanis tanah dengan bahan stabilisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Fisik dan Mekanis Tanah Tanpa Bahan Stabilisasi

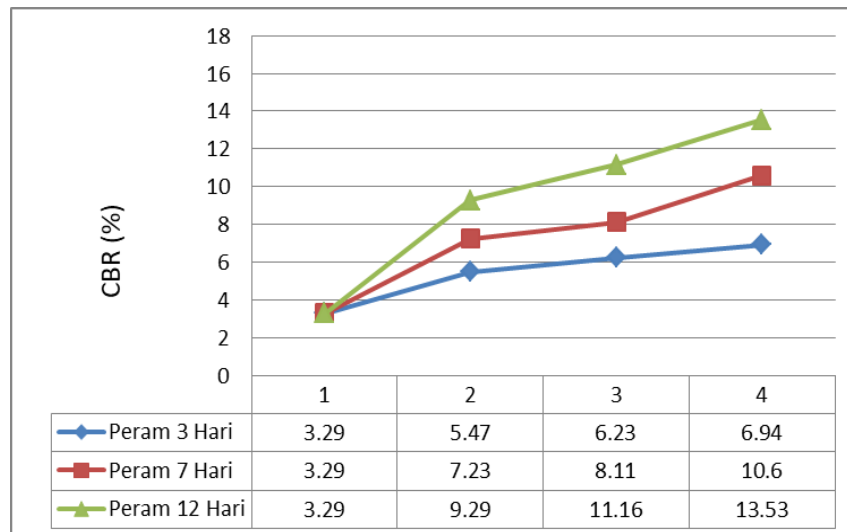
Jenis pengujian		SNI	Satuan	Hasil
Berat jenis		SNI 1964-2008	-	2,639
Batas- Batas Atterberg	Batas cair (LL)	SNI 03-1967-1990	%	48.27
	Batas plastis (PL)	SNI 03-1966-1990	%	31.83
	Indeks plastis (PI)		%	16.44
	Batas susut (SL)	SNI 03-1966-2008	%	9.72
Lolos Saringan No. 20		SNI 3423-2008	%	91.76
Pemadatan	Kadar Air (w_c)		%	31.52
Tanah	Berat Isi Tanah Kering (γ_{dry})	SNI 1742:2008	gr/cm ³	1.24

Berdasarkan berat jenis tanah dan klasifikasi tanah menggunakan metode AASHTO tanah digolongkan dalam jenis tanah lempung dan kelompok A-7-6.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Fisik dan Mekanis Tanah

Parameter Tanah	Persentase Penambahan <i>Waterglass</i> dan Metakaolin			
	0% Bahan Stabilisasi	<i>Waterglass</i> 10% Metakaolin 5%	<i>Waterglass</i> 10% Metakaolin 10%	<i>Waterglass</i> 10% Metakaolin 15%
Kadar Air	35	32.8	30.5	29.5
Densitas Kering	1.24	1.37	1.46	1.52
Parameter Tanah	Persentase Penambahan <i>Waterglass</i> dan Metakaolin	Parameter Tanah	Persentase Penambahan <i>Waterglass</i> dan Metakaolin	Parameter Tanah

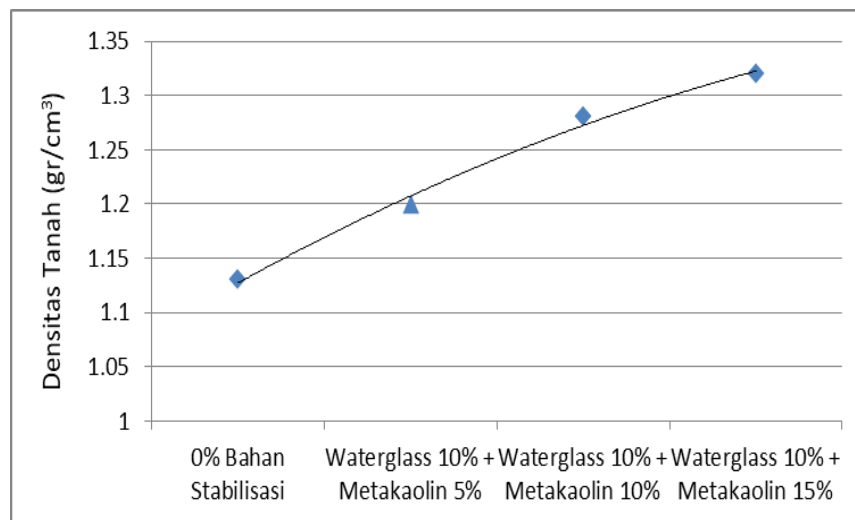
C	Peram 3 Hari	3.29	5.47	6.23	6.94
B	Peram 7 Hari		7.23	8.11	10.6
R	Peram 12		9.29	11.16	13.53



Gambar 1. Hubungan Nilai CBR terhadap Variasi Penggunaan Bahan Stabilisasi

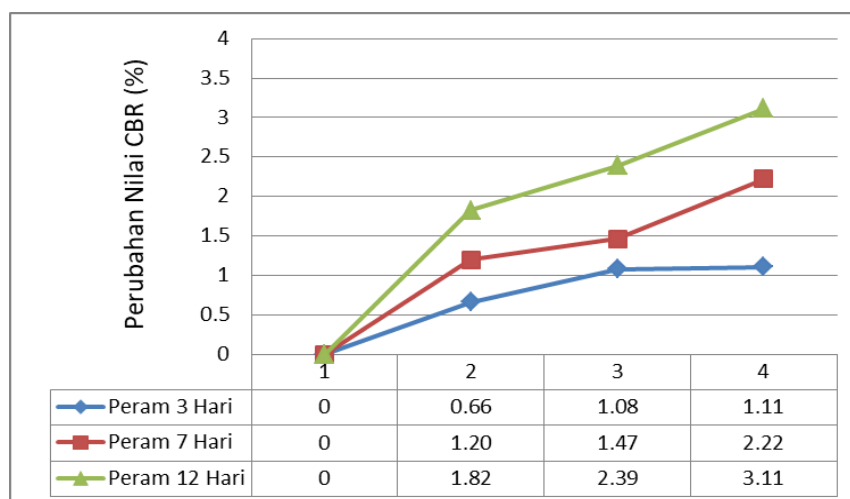
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 dapat diketahui bahwa nilai CBR tanah mengalami peningkatan saat ditambah metakaolin dan *waterglass*. Pada tanah tanpa bahan stabilisasi diperoleh nilai CBR 3.29%, sedangkan pada tanah dengan bahan stabilisasi pemeraman 3 hari diperoleh nilai CBR berturut-turut 5.47%, 6.23% dan 6.94%. Pada pemeraman 7 hari diperoleh nilai CBR 7.23%, 8,15% dan 10.6%, Sedangkan pada pemeraman 14 hari diperoleh nilai CBR berturut-turut 9.29%, 11,16 % dan 13,53%.

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai daya dukung tanah dalam hal ini nilai *California Beraing Ratio* (CBR). Kondisi tersebut disebabkan adanya *waterglass* yang digunakan berfungsi sebagai bahan pengikat dalam proses stabilisasi tanah sehingga partikel-partikel tanah lempung dan metakaolin melekat dapat melekat dengan baik. Selain itu karena sifat pozzolanik pada metakaolin membentuk senyawa yang bersifat semen sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan mengurangi kembang-susut tanah dengan baik.



Gambar 2. Gambar 1. Hubungan Nilai Densitas Tanah Terhadap Variasi Penggunaan Bahan Stabilisasi

Partikel abu yang lebih kecil juga mengisi rongga diantara butiran tanah dan membuat tanah menjadi lebih solid dan padat seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3, dimana nilai densitas tanah dan perubahan nilai CBR juga mengalami peningkatan setiap kenaikan persentase penggunaan metakaolin dalam campuran.



Gambar 3. Gambar 1. Hubungan Nilai Densitas Tanah Terhadap Variasi Penggunaan Bahan Stabilisasi

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa campuran metakaolin dan *waterglass* pada tanah lempung dapat meningkatkan nilai CBR tanah lempung. Kenaikan tertinggi terjadi pada masa pemeraman 12 hari dimana penggunaan metakaolin sebesar 5%, 10%, 15% yang dicampur dengan *waterglass* masing-masing 10% setiap penggunaan metakaolin menghasilkan kenaikan nilai CBR sebesar 1.82%, 2.39% dan 3.11% terhadap tanah yang tidak menggunakan bahan stabilisasi metakaolin

dan *waterglass*. *Waterglass* yang digunakan berfungsi sebagai bahan pengikat dalam proses stabilisasi tanah sehingga partikel-partikel tanah lempung dan metakaolin melekat dengan baik. Adanya *waterglass* yang digunakan berfungsi sebagai bahan pengikat dalam proses stabilisasi tanah sehingga partikel-partikel tanah lempung dan metakaolin melekat dapat melekat dengan baik. Selain itu karena sifat pozzolanik pada metakolin juga membentuk senyawa yang bersifat semen sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan mengurangi kembang-susut tanah dengan baik. Partikel abu yang lebih kecil juga mengisi rongga diantara butiran tanah dan membuat tanah menjadi lebih solid dan padat sehingga nilai densitas campuran tanah juga makin meningkat.

Referensi

- Alifta R, K. (2018). *Dosen UMY Temukan Inovasi Memperkuat Struktur Bangunan dengan Waterglass*. Tomes Indonesia.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). Panduan Geoteknik 1 (Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak. In *Panduan Geoteknik Indonesia Timbunan Jalan pada Tanah Lunak*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Desiana, S. (2012). *Effect of Waterglass Variation on Water Content and Clay Content on Printed San*.
- Gultom, J., Pratikso, & Rochim, A. (2022). Floating road construction on soft soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 955(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/955/1/012016>
- Hardiyatmo, H. C. (2016). Alternatif Solusi Pembangunan Perkerasan Jalan Pada Subgrade Berdaya Dukung Rendah. *Infoteknik*, 2(7), 1–12.
- Kementerian ESDM, B. G. (2019). *Atlas Sebaran Tanah Lunak*. Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, D. J. B. (2017). *Manual Perkerasan Jalan (Pertama)*. Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina.
- Muhiddin, A. B., Harianto, T., & Djamaluddin, A. R. (2021). Studi Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Timbunan Sebagai Lapisan Tanah Pondasi. *Prosiding Snast*, 36–43.
- Muhiddin, A. B., & Tangkeallo, M. M. (2020). Correlation of unconfined compressive strength and california bearing ratio in laterite soil stabilization using varied zeolite content activated by waterglass. *Materials Science Forum*, 998 MSF, 323–328. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.998.323>
- Putranto, I. T. (2020). Pengaruh Stabilisasi Batu Zeolit Terhadap Nilai Cbr Pada Tanah Berbutir Halus. In *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Rashad, A. M. (2013). Metakaolin as cementitious material: History, scours, production and composition-A comprehensive overview. *Construction and Building Materials*, 41, 303–318. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.001>
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. In *John wiley & sons* (p. 534).