

203702e2f008ffe1_JURNAL TURNITIN JO
By Turnitin

WORD COUNT

2100

TIME SUBMITTED

24-JUN-2026 11:11PM

PAPER ID

122325025



Analisis Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Bakteri *Bacillus Subtilis* dan Kapur Terhadap Nilai Parameter Fisis Tanah

Satria Jiro Jovian^{1✉}, Laily Endah Fatmawati²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya⁽¹⁾

Your organization is to be put here and in this style, followed by the name of the City and Country where your work⁽²⁾

DOI: 10.31004/jutin.vvix.xx

✉ Corresponding author:

[1432200100@surel.untag-sby.ac.id]⁽¹⁾ [lailyendah@untag-sby.ac.id]⁽²⁾

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
Stabilisasi tanah
Bacillus Subtilis
Kapur
Tanah lempung lunak
Pemadatan tanah

Keywords:
Soil stabilization
Bacillus Subtilis
Lime
Soft clay soil
Soil compaction

Perkembangan pembangunan di Kabupaten Sidoarjo memerlukan kondisi tanah yang stabil untuk mendukung konstruksi, terutama pada wilayah dengan tanah lempung lunak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh stabilisasi tanah menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* dan kapur terhadap parameter sifat fisis tanah dan pemadatan tanah. Metode penelitian dilakukan melalui pengujian laboratorium terhadap tanah asli dan tanah yang distabilisasi menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* 3% dengan variasi kapur 10% dan 15% selama masa pemeraman 3 hari. Pengujian yang dilakukan meliputi kadar air, angka pori, derajat kejenuhan, specific gravity. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bakteri *Bacillus subtilis* dan kapur mampu menurunkan kadar air, angka pori, serta kadar air optimum (OMC), sekaligus meningkatkan berat isi kering maksimum (MDD). Nilai MDD meningkat dari 1,446 gr/cm³ pada tanah asli menjadi 1,977 gr/cm³ pada campuran optimum, sedangkan nilai OMC menurun dari 27% menjadi 19%. Variasi campuran bakteri *Bacillus subtilis* 3% dan kapur 15% memberikan hasil paling optimum dalam meningkatkan kepadatan dan kestabilan tanah.

Abstract

The development of infrastructure in Sidoarjo requires stable soil conditions, especially in areas dominated by soft clay soils. This study aims to determine the effect of soil stabilization using *Bacillus subtilis* bacteria and lime on the physical and compaction properties of soil. Laboratory tests were conducted on original soil and stabilized soil using 3% *Bacillus subtilis* bacteria with lime variations of 10% and 15% during a 3-day curing period. The results showed that the addition of *Bacillus subtilis* and lime reduced water content and optimum moisture content (OMC), while increasing the maximum dry density (MDD). The optimum mixture was obtained from 3% *Bacillus subtilis* and 15% lime, with an MDD value of 1.977 gr/cm³ and OMC of 19%. These results indicate that *Bacillus subtilis* and lime can improve soil density and stability. Therefore, this stabilization method has the potential to be applied as an alternative ground improvement technique for soft clay soils.

Received 23 October 2021; Received in revised form 8 November 2021 year; Accepted 16 November 2021

Available online 17 November 2021 / © 2021 The Authors. Published by Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. This is an open access article under the CC BY-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di Kabupaten Sidoarjo terus mengalami peningkatan pasca terjadinya Lumpur Lapindo yang menyebabkan perubahan pola pemanfaatan lahan di beberapa wilayah. Berdasarkan penelitian mengenai dampak perubahan tutupan lahan akibat bencana tersebut, arah pembangunan fisik Kabupaten Sidoarjo cenderung bergeser menuju wilayah bagian barat, khususnya Kecamatan Wonoayu dan sekitarnya, yang direncanakan sebagai kawasan pengembangan permukiman hingga tahun 2029 (Nugraheni & Sagala, 2019). Kondisi tutupan lahan di Kabupaten Sidoarjo diasumsikan mengikuti arahan kebijakan RTRW Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009–2029, di mana pembangunan fisik diarahkan untuk menghindari wilayah rawan bencana. Oleh karena itu, pengembangan wilayah dipusatkan pada bagian barat Kabupaten Sidoarjo, khususnya di sekitar Kecamatan Sukodono, Kecamatan Wonoayu, dan wilayah sekitarnya.

Stabilisasi tanah merupakan proses perbaikan karakteristik tanah dengan menambahkan bahan tertentu ke dalamnya, sehingga kemampuan tanah dalam menahan beban dan kekuatan gesernya dapat meningkat serta tetap terjaga kestabilannya (Fatmawati dkk., 2022.).

Biosementasi merupakan metode perbaikan tanah yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam menghasilkan endapan kalsium karbonat (CaCO_3) yang berfungsi sebagai pengikat alami antarbutiran tanah sehingga mampu meningkatkan kerapatan, kekuatan, dan daya dukung tanah (Achal & Pan, 2014). Kapur yang umum digunakan dalam stabilisasi tanah adalah kalsium hidroksida [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] dan kalsium oksida (CaO), di mana kapur tohor (CaO) lebih efektif karena bersifat sangat reaktif terhadap tanah akibat proses pembakaran batu kapur (Sipangkar et al., 2023). Penggunaan kapur mampu menurunkan plastisitas, meningkatkan daya dukung, serta mengurangi pengembangan tanah, namun proses produksinya menghasilkan emisi CO_2 yang berdampak negatif terhadap lingkungan (Rababah, 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan upaya perbaikan tanah yang mampu meningkatkan parameter sifat fisis tanah guna mendukung kestabilan konstruksi pada wilayah pengembangan Desa Ploso, Kecamatan Wonoayu, Kabupaten Sidoarjo.

2. METODE

a. Pengambilan Tanah

Sampel tanah diambil di desa ploso kecamatan wonoayu kabupaten sidoarjo. Tanah yang diambil berada pada lokasi persawahan karena pada lokasi itu akan dialih fungsikan menjadi bangunan perumahan sehingga dibutuhkan penelitian mengenai karakteristik tanah tersebut. Tanah yang diambil merupakan tanah tidak terganggu (*undisturbed*) dan tanah terganggu (*Disturbed*). Cara pengambilan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*) pada kedalaman 1,5 meter dari permukaan dengan menggunakan alat bantu alat bor tanah (*Hand Auger*) dan tanah tidak terganggu pada kedalaman 1,5 meter menggunakan sekop dan cangkul. Sampel tanah yang tidak terganggu menggunakan tabung shelly dan dibungkus menggunakan plastik wrap kemudian disolasi, untuk sampel tanah terganggu dimasukkan kedalam plastik berukuran besar kemudian dilapisi karung agar menjaga kadar air alami tanah.

b. Penyiapan Kapur dan Bakteri *Bacillus Subtilis*

Jenis kapur yang digunakan pada penelitian ini yaitu kapur tohor yang diperoleh dari toko material dengan kandungan CaO sebesar 85,53%. Kapur tohor (CaO), yaitu hasil pembakaran batu kapur pada suhu sekitar 900°F

Bakteri *Bacillus Subtilis* merupakan bakteri gram positif berbentuk batang yang banyak dijumpai secara alami pada tanah, air, debu, dan material organik. Bakteri ini memiliki kemampuan membentuk endospora sehingga mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. *Bacillus subtilis* juga tergolong bakteri non-patogen yang sering dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi, kesehatan, pertanian, hingga rekayasa geoteknik karena mampu menghasilkan berbagai enzim, seperti urease dan eksopolisakarida (EPS). Kemampuan tersebut menjadikan bakteri ini berpotensi dimanfaatkan dalam proses biosementasi untuk membantu meningkatkan ikatan antarbutiran tanah.

c. Perencanaan Sampel dan Komposisi Campuran

Pencampuran direncanakan berdasarkan berat kering tanah hasil pengujian pemadatan tanah. Tanah kering dicampurkan dengan kapur dalam variasi tertentu terhadap berat kering tanah. Setelah kapur dan tanah tercampur rata kemudian ditambahkan bakteri *Bacillus Subtilis* sesuai dengan variasi yang ditentukan, lalu ditambah dengan kadar air optimum dari hasil pengujian pemadatan tanah. Kemudian diaduk kembali hingga homogen kemudian dimasukkan ke dalam cetakan sesuai dengan jenis pengujian yang dilakukan. Lalu sampel di peram selama 3 hari.

Tabel 1. Komposisi Campuran Tanah Dengan Bakteri dan Kapur

Tanah (%)	Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i>	Kapur	Total (%)
87	3	10	100
82	3	15	100

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

d. Pengujian Laboratorium

Pengujian pada sampel tanah lunak dilakukan untuk menganalisis sifat fisis tanah yang sudah distabilisasi menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* dan kapur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisis ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah sebelum dan sesudah distabilisasi dengan menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* dan kapur. Pengujian ini meliputi kadar air, angka pori (e), derajat kejenuhan (SR), dan specific gravity (Gs). Hasil pengujian sifat fisis dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 2. Hasil Pengujian Fisis Pada Tanah Asli dan Dengan Tanah Campuran Bakteri *Bacillus Subtilis* dan Kapur

Variasi Persentase Campuran	Kadar Air	Angka Pori	Derajat Kejenuhan	Gravimetry
Tanah Asli	53,17%	0,954	50,039	2,654
Tanah + Bakteri 3% + Kapur 10%	33,82%	0,942	32,299	2,523
Tanah + Bakteri 3% + Kapur 15%	40,69%	0,751	50,736	2,464

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis tanah, tanah asli memiliki kadar air sebesar 53,17%, angka pori (e) sebesar 0,954, derajat kejenuhan (Sr) sebesar 50,039%, dan nilai specific gravity (Gs) sebesar 2,654. Setelah dilakukan stabilisasi menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* 3% dan kapur sebesar 15%, terjadi penurunan nilai kadar air, angka pori, dan derajat kejenuhan pada seluruh variasi campuran. Nilai terendah diperoleh pada campuran kapur 10%, dengan kadar air sebesar 33,82%, angka pori sebesar 0,942, dan derajat kejenuhan sebesar 32,299, dan nilai specific gravity (Gs) 2,523. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang bekicot dan bakteri *Bacillus subtilis* mampu meningkatkan kepadatan tanah serta mengurangi rongga dan kadar air di dalam tanah sehingga kondisi tanah menjadi lebih stabil.

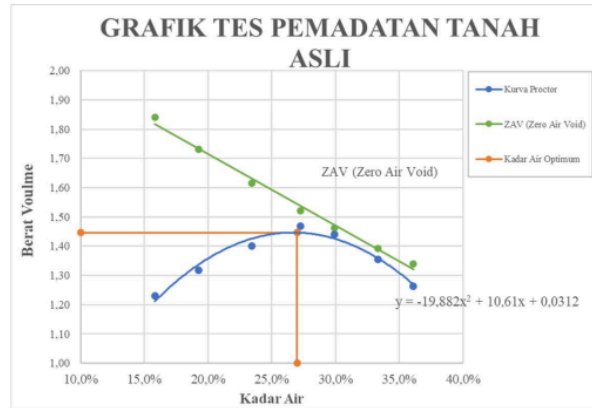
Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk menentukan tingkat kepadatan maksimum yang dapat dicapai oleh suatu jenis tanah melalui proses pemadatan tertentu. Kepadatan tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan, antara lain kadar air pada saat pemadatan, volume dan karakteristik butiran tanah, serta besarnya energi pemadatan yang diberikan. Dari pengujian ini diperoleh hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah, sehingga dapat ditentukan kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC) yang menghasilkan kepadatan maksimum tanah.

Table 3. Hasil Pengujian Proctor Pada Tanah Asli dan Tanah Dengan Campuran

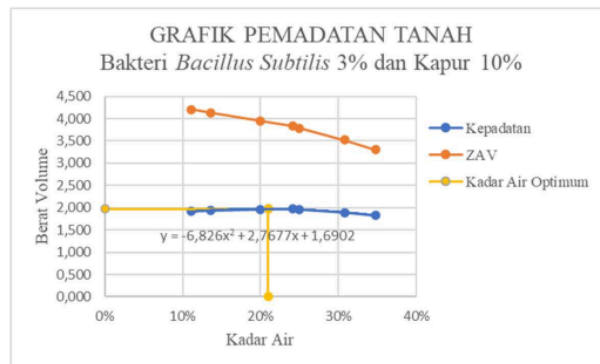
Variasi Persentase Campuran	Berat Kering Optimum (Yd)	Kadar air optimum
Tanah Asli	1,446 gr/cm ³	27%
Tanah + Bakteri 3% + Kapur 10%	1,974 gr/cm ³	21%
Tanah + Bakteri 3% + Kapur 15%	1,977 gr/cm ³	19%

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

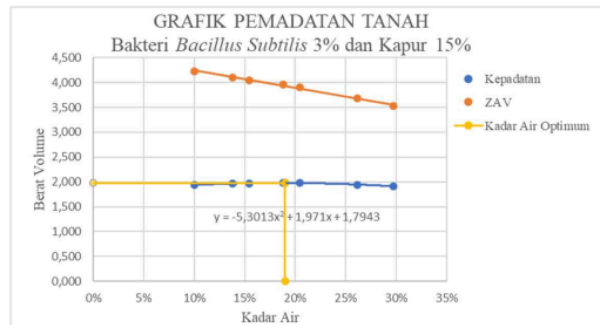
Berdasarkan hasil pengujian Proctor, penambahan bakteri *Bacillus Subtilis* dan kapur memberikan pengaruh terhadap peningkatan sifat mekanis tanah. Nilai berat isi kering maksimum (Maximum Dry Density/MDD) mengalami peningkatan dari 1,446 gr/cm³ pada tanah asli menjadi 1,974 gr/cm³, 1,977 gr/cm³, pada variasi campuran 10%, dan 15%, sedangkan kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC) mengalami penurunan dari 27% menjadi 21%, 19%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan bakteri *Bacillus Subtilis* dan kapur mampu meningkatkan kepadatan tanah serta memperbaiki susunan antarbutiran tanah sehingga tanah menjadi lebih padat dan stabil. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



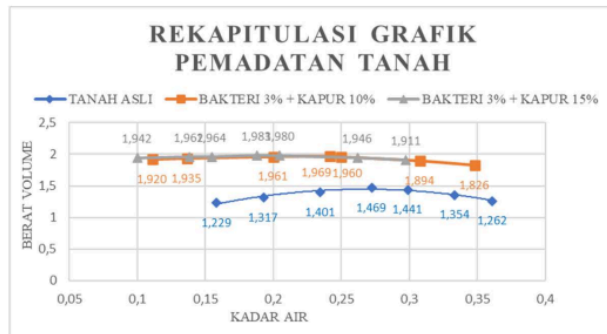
Grafik 1. Pemadatan Tanah Asli



Grafik 2. Pemadatan Tanah Dengan Campuran Bakteri *Bacillus Subtilis* 3% dan Kapur 10%



Grafik 3. Pemadatan Tanah Dengan Campuran Bakteri *Bacillus Subtilis* 3% dan Kapur 15%



Grafik 4. Rekapitulasi Pemadatan Tanah Asli dan Tanah Dengan Campuran Bakteri *Bacillus Subtilis* 3% dan Kapur 15%

Berdasarkan grafik rekapitulasi pengujian pemadatan tanah dengan waktu pemeraman 3 hari, proses stabilisasi menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* dan kapur menunjukkan pengaruh terhadap penurunan nilai kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC) serta peningkatan berat isi kering maksimum apabila dibandingkan dengan tanah asli. Campuran bakteri *Bacillus Subtilis* 3% dan kapur 15% memberikan hasil paling optimum dengan nilai OMC sebesar 19% dan berat isi kering maksimum sebesar 1,977 gr/cm³. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa penambahan bakteri *Bacillus subtilis* dan kapur dapat memperbaiki tingkat kepadatan tanah serta menurunkan kebutuhan kadar air selama proses pemadatan berlangsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, stabilisasi tanah lempung lunak menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* dan kapur mampu memperbaiki karakteristik tanah. Hasil pengujian sifat fisis menunjukkan terjadinya penurunan kadar air, angka pori, dan derajat kejenuhan dibandingkan tanah asli, sehingga tanah menjadi lebih padat dan stabil. Selain itu, hasil pengujian Proctor menunjukkan peningkatan nilai berat isi kering maksimum (MDD) dari 1,446 gr/cm³ menjadi 1,977 gr/cm³ serta penurunan kadar air optimum (OMC) dari 27% menjadi 19%. Variasi campuran bakteri *Bacillus subtilis* 3% dan kapur 15% memberikan hasil paling optimum dalam meningkatkan kepadatan dan kestabilan tanah.



Gambar 1. Pengujian kadar air sebelum dimasukkan oven



Gambar 2. Pengujian Kadar air setelah keluar dari oven

5. REFERENCES

- Achal, V., & Pan, X. (2014). Influence of Calcium Sources on Microbially Induced Calcium Carbonate Precipitation by *Bacillus* sp. CR2. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s12010-014-0842-1>
- Fatmawati, L. E., Widhiarto, H., & Santoso, H. (n.d.). Analisis Pengaruh Penambahan Bahan Stabilisator Abu Jerami terhadap Kepadatan Tanah Lempung Ekspansif Kabupaten Pamekasan. *Academia.Edu*. Retrieved <https://www.academia.edu/download/112617411/976.pdf>
- Nugraheni, W. P., & Sagala, S. A. H. (2019). ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KABUPATEN SIDOARJO SETELAH BENCANA SEMBURAN LUMPUR SIDOARJO. *Digilib.Itb.Ac.Id*. https://digilib.itb.ac.id/assets/files/2019/2019_TS_PP_WIDYA_PAWESTRI_NUGRAHENI_JURNAL.

pdf

Rababah, S. , O. M. , A.-M. H. , & A. Z. A. (2024). Environmental assessment of cement-based materials: Carbon emissions and sustainability challenges. *Construction and Building Materials*, 409, 134590.

Sipangkar, S. O., Peslinof, M., & ... (2023). Analisis sifat fisis tanah pada stabilitas tanah lempung dengan penambahan kapur tohor (CaO). *JIIF (Jurnal Ilmu Dan*
<https://jurnal.unpad.ac.id/jiif/article/view/42070>

ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.untag-sby.ac.id	101 words — 5%
Internet		
2	teras.unimal.ac.id	39 words — 2%
Internet		
3	repository.its.ac.id	35 words — 2%
Internet		
4	arfakarta.com	33 words — 2%
Internet		

EXCLUDE QUOTES ON
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES < 20 WORDS
EXCLUDE MATCHES OFF