

STUDI EKSPERIMENTAL PENINGKATAN NILAI *STRENGTH* PARAMETRIK TANAH LEMPUNG DENGAN VARIASI SEMEN MENGGUNAKAN METODE UCS

ARH. Sitepu¹, Aiga Nurlela², R. Delfinna³, S. Hazizi⁴, CE. Sigalingging⁵, R. Shabirah⁶, A. Salsabila⁷, C. Agung Saputra^{8*}, Tiorivaldi⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, 35365

⁹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

*cahyo.saputra@si.itera.ac.id

Abstrak

Tanah lunak memiliki sifat mekanik yang kurang menguntungkan, seperti daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, dan kuat geser kecil, yang menimbulkan tantangan bagi konstruksi, khususnya di wilayah Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pencampuran tanah lunak dengan semen (Ordinary Portland Cement/OPC) terhadap peningkatan kekuatan tekan bebas (Unconfined Compressive Strength/UCS), dengan variasi kadar semen 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, dan 30%. Pengujian UCS dilakukan pada tanah asli dan campuran setelah pemadatan menggunakan standar Proctor, dengan data sifat fisik dan mekanik tanah seperti kadar air, batas cair, berat jenis, dan UCS dianalisis untuk mengevaluasi stabilitas tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar semen hingga 9% menghasilkan nilai tegangan dan regangan yang signifikan, sementara kohesi tanah menurun pada kadar 3% hingga 9% dan meningkat setelah persentase melebihi 9%. Penambahan semen lebih dari 9% menunjukkan peningkatan kohesi yang signifikan, menjadikan stabilisasi dengan semen efektif untuk meningkatkan kekuatan tanah lunak, terutama pada kadar tertentu, dan memberikan potensi aplikasi perbaikan tanah dengan karakteristik tanah serupa.

Kata kunci: daya dukung tanah, kuat tekan bebas, semen, tanah lunak

Abstract

Soft soil has unfavorable mechanical properties, such as low bearing capacity, high compressibility, and low shear strength, posing challenges for construction, particularly in the area of Institut Teknologi Sumatera (ITERA). This study aims to analyze the effect of mixing soft soil with cement (Ordinary Portland Cement/OPC) on the improvement of unconfined compressive strength (UCS), with cement content variations of 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, and 30%. UCS tests were conducted on the original soil and soil-cement mixtures after compaction using the Standard Proctor method. Data on physical and mechanical soil properties, such as moisture content, liquid limit, specific gravity, and UCS, were analyzed to evaluate soil stability. The results show that increasing cement content up to 9% significantly improves stress and strain values, while soil cohesion decreases at 3% to 9% and increases with cement percentages above 9%. Cement addition beyond 9% significantly enhances cohesion, making stabilization with cement effective for improving soft soil strength, particularly at certain cement contents, and offering potential applications for soil improvement with similar characteristics.

Keywords: soil bearing capacity, unconfined compressive strength, cement, soft soil

1. PENDAHULUAN

Tanah lunak adalah tanah yang memiliki sifat mekanik kurang baik dengan kadar air tinggi, kompresibilitas tinggi, daya dukung rendah, stabilitas rendah, serta koefisien permeabilitas kecil. Menurut klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS), tanah lunak memiliki ukuran butir kurang dari 0,0075 mm (Amran & Pradana, 2023). Kondisi tanah ini sering kali menimbulkan masalah dalam konstruksi akibat perubahan volume tanah yang merusak struktur seperti pondasi bangunan, jalan, dan infrastruktur lainnya. Tanah ekspansif sering kali menimbulkan permasalahan serius pada konstruksi jalan akibat perubahan volume tanah yang besar, yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada struktur jalan dan infrastruktur lainnya (Departemen Pekerjaan Umum, 2005). Hal ini sering terjadi di wilayah dengan kandungan tanah liat atau mineral montmorillonite yang ekspansif.

Institut Teknologi Sumatera (ITERA), khususnya di kawasan Asrama TB3, memiliki karakteristik tanah lunak yang perlu perbaikan untuk memastikan stabilitas konstruksi. Salah satu metode yang efektif dalam mengatasi permasalahan ini adalah stabilisasi tanah dengan bahan tambahan, seperti semen Portland. Semen memiliki kemampuan mengikat partikel-partikel tanah melalui reaksi hidrasi, membentuk senyawa yang memperkuat struktur tanah (Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan semen pada tanah lunak meningkatkan kekuatan tekan bebas (UCS), yang merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kestabilan tanah pasca-stabilisasi (Nugroho & Hidayat, 2020). UCS mengukur tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh tanah sebelum mengalami keruntuhan geser, yang sangat relevan untuk tanah berkoherensi tinggi (Amran & Pradana, 2023). Selain semen, berbagai metode stabilisasi lainnya juga umum digunakan, seperti pemadatan tanah, penambahan bahan tidak aktif seperti pasir atau kerikil, bahan kimia lainnya seperti kapur atau *fly ash*, drainase, dan penggantian tanah bermutu rendah (Bowles, 1991). Pemadatan tanah merupakan salah satu teknik utama untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara mengurangi rongga udara dalam tanah, sehingga kekuatan tanah bertambah dan pengaruh air terhadap tanah menjadi berkurang (Hardiyatmo, 1992).

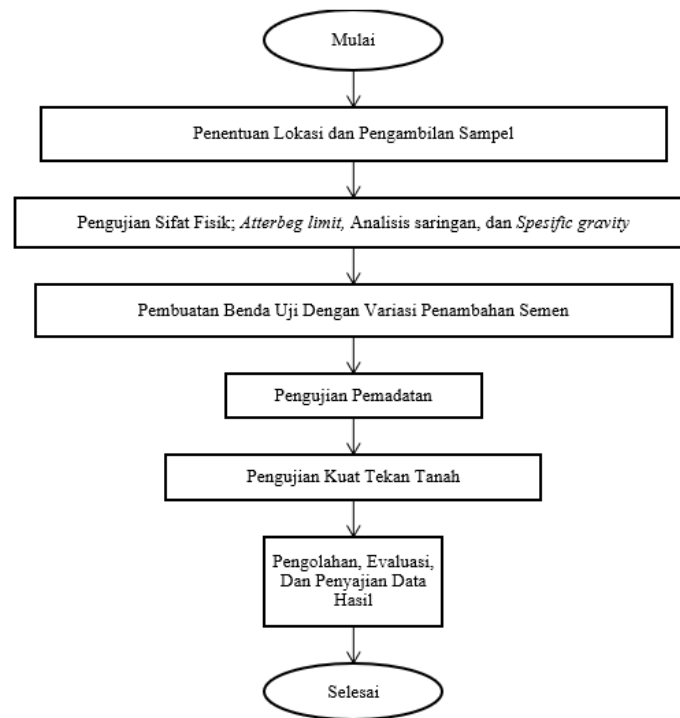
Stabilisasi tanah lunak menggunakan semen dilakukan dengan mencampurkan semen dengan tanah yang telah lolos saringan No. 200 pada kadar air optimum dan dipadatkan menggunakan metode *standard proctor*. Penelitian ini akan menguji variasi kadar semen sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, dan 30%, untuk menentukan kadar semen yang paling efektif dalam meningkatkan nilai UCS tanah lunak. Menurut penelitian sebelumnya, semen efektif meningkatkan kohesi tanah setelah melampaui kadar tertentu (Kameshwar & Rajan, 2019; Alazigha, Al-Tabbaa, & Harbottle, 2018). Stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan bahan tambahan seperti semen telah terbukti efektif dalam memperbaiki sifat mekanik tanah, khususnya meningkatkan daya dukung dan kestabilan tanah dalam jangka panjang (Hardiyatmo, 2014).

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pencampuran tanah lunak dengan semen terhadap peningkatan kekuatan tekan bebas, membandingkan kekuatan tanah asli dengan tanah yang dicampur semen setelah pemadatan, serta menentukan kadar semen yang memberikan peningkatan kekuatan tekan bebas optimal. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat memberikan panduan praktis untuk aplikasi stabilisasi tanah di area ITERA maupun daerah lain yang memiliki karakteristik tanah serupa. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi penggunaan semen sebagai solusi jangka panjang yang efisien dan berkelanjutan untuk permasalahan tanah lunak dalam proyek konstruksi skala besar maupun kecil.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data Penelitian dan Standarisasi

Berikut merupakan data penelitian dan standarisasi yang digunakan yaitu:



Gambar 1. Diagram Alir

Metode pencampuran sampel dilakukan dengan:

Semen dicampur dengan tanah yang telah lolos saringan No. 200 dengan kadar semen 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, 30%. Banyaknya kadar air dikonversikan kedalam satuan berat tanah, dan semen dengan mengalikan persentase semen dengan berat tanah yang akan diuji. Semen dan tanah dicampur dengan air pada kadar air optimum, dipadatkan lalu dilakukan pengujian pemadatan standard proctor, dan uji kuat tekan bebas tanah.

2.2 Pencampuran Tanah Lunak dengan Semen

Metode pencampuran untuk masing-masing presentasi semen yang dicampur dengan sampel tanah yang lolos saringan no.200 adalah dengan percobaan dimana yang pertama dimulai dengan komposisi campuran semen 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, 30%, namun dalam pengujian besarnya campuran semen tetap melihat atau mengacu pada pengujian kuat tekan bebas (UCS) yang dilakukan pada setiap variable persentase campuran awal pada pengujian kuat tekan bebas untuk mendapatkan persentase kadar terbaik hingga mencapai nilai kuat tekan yang maksimum.

2.3 Pengujian Sampel Tanah

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Tanah Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera. Berikut beberapa pengujian yang dilakukan yaitu:

1. Pengujian sifat fisik (*property test*) tanah asli (tanah lempung Lunak):
 - a. Pengujian kadar air
 - b. Pengujian analisa saringan
 - c. Pengujian *atteberg limit*

- d. Pengujian berat jenis
2. Pengujian sifat mekanis tanah:
 - a. Pengujian *standart proctor*
 - b. Pengujian kuat tekan bebas

2.4 Teknik Pengumpulan Sampel Tanah

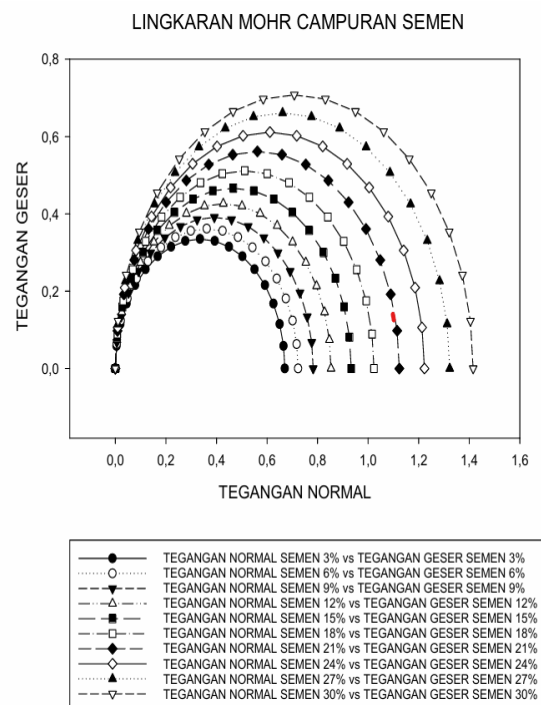
Pada metode pengumpulan data, sampel tanah diambil langsung dari lokasi penelitian untuk memastikan bahwa sampel tersebut dapat mewakili kondisi tanah di area tersebut. Jenis sampel yang dikumpulkan merupakan sampel terganggu (*disturbed sampling*), di mana sifat alami tanah seperti struktur dan kepadatannya tidak dipertahankan. Sampel ini terutama digunakan untuk menguji sifat fisik dan mekanis tanah, seperti pengujian kuat tekan bebas. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan cara sederhana, yaitu memasukkan tanah ke dalam karung plastik atau wadah lain yang sesuai sebagai pembungkus.

2.5 Teknik Analisis Data

Hasil pengujian parameter kuat tekan bebas akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang menunjukkan perbandingan antara nilai peningkatan atau penurunan kekuatan daya dukung tanah asli dan tanah campuran. Melalui tabel dan grafik tersebut, dapat diperoleh analisis mengenai perbedaan kualitas daya dukung tanah berdasarkan perubahan nilai kuat tekan pada setiap tahapan pengujian atau penetrasi yang dilakukan

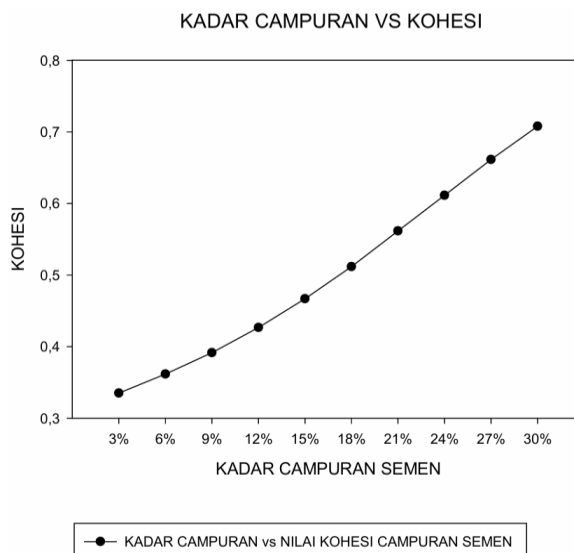
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya pengujian, didapatkan hasil berikut:



Gambar 2. Grafik Tegangan dan Regangan

Berdasarkan Gambar 2. Menjelaskan hasil perhitungan dari pengujian semen ini dengan menggunakan campuran 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, dan 30%. Pada pengujian ini semakin besar nilai tegangan normal dan maka semakin besar juga nilai tegangan geser.



Gambar 3. Grafik Nilai Kohesi dan Kadar Campuran Semen

Gambar 3. Merupakan hubungan antara penambahan semen terhadap nilai kohesi. Nilai kohesi adalah kemampuan partikel tanah untuk saling melekat tanpa tekanan luar, yang mempengaruhi kuat geser tanah. Kohesi tinggi membuat tanah lebih stabil dan mampu menahan beban lebih baik. Penambahan semen meningkatkan nilai kohesi, sehingga tanah menjadi lebih kuat dan cocok untuk perkuatan. Dapat dilihat bahwa penambahan semen hingga 9% dapat menurunkan nilai kohesi dan penambahan dengan persentase lebih dari 9% cenderung menghasilkan nilai kohesi yang semakin tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian semen ini dengan menggunakan campuran 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27%, dan 30% didapatkan nilai q_u secara berurutan sebesar 0,670 kg/cm², 0,723 kg/cm², 0,783 kg/cm², 0,853 kg/cm², 0,933 kg/cm², 1,023 kg/cm², 1,123 kg/cm², 1,223 kg/cm², 1,323 kg/cm², dan 1,416 kg/cm². Berdasarkan perhitungan didapatkan juga nilai C_u secara berurut sebesar 0,335 kg/cm², 0,362 kg/cm², 0,391 kg/cm², 0,427 kg/cm², 0,467 kg/cm², 0,512 kg/cm², 0,562 kg/cm², 0,611 kg/cm², 0,661 kg/cm², dan 0,708 kg/cm². Berdasarkan SNI 3638:2012 tentang konsistensi tanah dan berdasarkan nilai q_u yang didapatkan tanah tersebut termasuk kategori konsistensi *medium*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai regangan dan tegangan seiring dengan penambahan semen pada kadar 3% hingga 9%. Namun, pada rentang kadar tersebut, nilai kohesi tanah justru mengalami penurunan, yang kemungkinan disebabkan oleh proses awal reaksi kimia antara semen dan partikel tanah yang belum optimal membentuk ikatan kuat. Setelah melewati kadar 9%, penambahan semen menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan nilai kuat geser *undrained* (C_u) dan kuat tekan bebas (q_u), di mana semakin besar persentase campuran semen, semakin besar pula nilai C_u dan q_u yang dihasilkan. Berdasarkan nilai rata-rata kuat tekan bebas (q_u) yang diperoleh dari pengujian, konsistensi tanah yang distabilisasi dengan semen masuk dalam kategori tanah dengan konsistensi sedang (*medium*), sesuai dengan klasifikasi kekuatan tanah menurut standar yang berlaku.

Sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi kombinasi bahan stabilisasi lain seperti kapur, *fly ash*, atau geopolimer sebagai pembanding, serta melakukan pengujian jangka panjang guna mengetahui stabilitas dan daya tahan campuran terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alazigha, D. P., Al-Tabbaa, A., & Harbottle, M. J. (2018). Stabilization of soft soils with sustainable industrial by-products: A review. *Environmental Geotechnics*, 5(3), 153–170. <https://doi.org/10.1680/jenge.16.00041>
- Amran, Y., & Pradana, D. (n). Parameter Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Terhadap Tingkat Kepadatan Tanah Lempung Ekspansif. *TAPAK Vol. 12*, o. 2.
- Andriani, Y. R., & Fernandez, F. L. (2012). Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 34.
- Bowles, J. E. (1991). *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pedoman Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo. (2014). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif. *Jurnal Komparansi Nilai Daya Dukung Tanah Lempung*, 193-204.
- Kameshwar, S., & Rajan, S. (2019). Effect of Cement and Fly Ash Stabilization on Strength Properties of Expansive Soil. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 5(2), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s40891-019-0166-1>
- Nugroho, B. H., & Hidayat, R. (2020). Pengaruh Penambahan Semen Portland pada Tanah Lempung terhadap Nilai CBR dan UCS. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 22(1), 23–30.
- Nusantio, S. (1998). Pengaruh Persentase Semen pada Campuran Semen Tanah Terhadap Nilai CBR, Studi Kasus Tanah Desa Bibis Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2012). *Metode Uji Kuat Tekan Bebas*. Bandung: Revisi SNI 3638.