

Pengaruh Variasi Diameter Kolom Kapur untuk Stabilisasi Lempung Lunak pada Tinjauan Nilai Indeks Pemampatan Tanah (C_c)

Influence of Lime Column Diameter Variation for Soft Clay Stabilization A Riview on Compression Index (C_c)

Arwan Apriyono dan Sumiyanto

[#]Prodi Teknik Unsoed

Abstract— Mostly soil in java, especially in northern area is included in soft clay soil classification. The behavior of this soil, have large value of coefficient compression (C_c), so consolidation settlement potentially occur in this soil. In this research, this problem will be handled by limes column.

Limes columns were expected could reduce C_c value so consolidation settlement could be reduced too. This research was conducted through experimental in laboratory, with box that have 40 cm in diameters and this heights is 40 cm. Five various of diameters applied in this research and this affect to value of C_c would be examined. Those are 3 cm, 5 cm, 8 cm, 10 cm and 12 cm diameters.

The result of this research show that limes column could reduce of C_c in significant value. The average change of C_c with limes column is 0,095 (37,63 %) if compare with C_c without limes column stabilization. The results also show that increasing of limes column diameters have no affects to the value of coefficient compression.

Keywords— Soft clay soil, Coefficient compression, Limes Column

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fenomena penurunan bangunan, banyak terjadi di daerah pantai utara pulau jawa. Beberapa contohnya adalah fenomena penurunan bangunan di Pelabuhan Tanjung Emas dan Masjid Agung Semarang. Penurunan ini terjadi karena tanah di lokasi tersebut termasuk ke dalam jenis tanah lempung lunak (Apriyono, 2008). Pada suatu proyek bangunan, penanganan tanah lempung lunak biasanya dilakukan dengan mengganti tanah asli dengan tanah baru yang lebih baik. Tetapi apabila volume tanah lempung lunak sangat banyak, usaha stabilisasi tanah lebih direkomendasikan (Chan, 2008).

Menurut Chan (2008), stabilisasi adalah proses modifikasi kimia pada tanah, dengan menambahkan zat additif tertentu pada kondisi kering ataupun basah, untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan tanah. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melakukan stabilisasi terhadap tanah lempung lunak. Bahan yang biasa digunakan sebagai zat additif untuk stabilisasi tanah lempung lunak diantaranya adalah semen dan kapur. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Apriyono (2008), diperoleh hasil bahwa kolom kapur dapat meningkatkan nilai koefisien konsolidasi (C_v) pada tanah lempung lunak sampai dengan 6 %. Marzano (2008), menghasilkan kesimpulan bahwa kekuatan tanah lempung lunak meningkat apabila ditambah dengan semen dengan kombinasi pemanasan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hassan (2008), menghasilkan kesimpulan

bahwa semen dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas tanah lempung lunak.

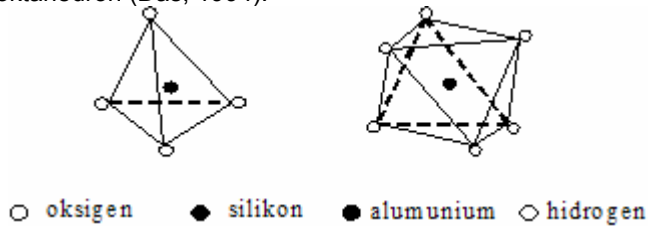
Dari penelitian-penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kolom kapur merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah, dalam menangani tanah lunak. Penelitian ini adalah kelanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan menitikberatkan pada pengaruh variasi diameter kolom kapur terhadap perubahan nilai indeks pemampatan (C_c) tanah. Apabila diameter optimal kolom kapur dapat diketahui, maka hal tersebut akan sangat membantu dalam desain stabilisasi tanah lempung lunak.

Tujuan dari penelitian ini, adalah untuk mengamati perubahan nilai indeks pemampatan (C_c) pada tanah lempung lunak, yang distabilisasi dengan menggunakan kolom kapur, pada fungsi diameter kolom kapur.

Tanah lempung lunak merupakan tanah lempung yang mempunyai nilai kapasitas dukung rendah dengan nilai indeks pemampatan besar. Sebagian besar lapisan tanah lunak dibentuk dari proses alamiah berupa pelapukan batuan. Tebal, luas dan stratifikasi tanah lunak, sangat tergantung dari corak topografi dan geologi yang membentuk lapisan lunak (Apriyono, 2008).

Bahan utama penyusun tanah lunak adalah mineral lempung yang merupakan partikel aktif dengan ukuran sangat kecil ($< 2 \mu m$). Struktur mineral lempung terdapat dua blok bangunan fundamental, yaitu silika tetrahedral dan alumina oktahedral seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Silika tetrahedral adalah struktur yang terdiri dari empat atom oksigen yang membentuk puncak tetrahedral dengan melingkupi satu atom silikon. Alumina

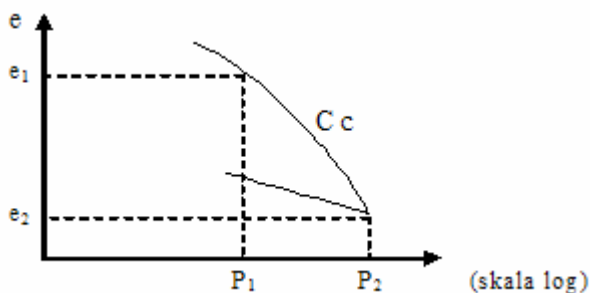
oktahedral adalah struktur dengan satu atom aluminium dikelilingi oleh enam hidroksil yang membentuk bangunan oktahedron (Das, 1994).



Gambar 1 Mineral-mineral lempung (Das, 1994)

Secara praktis, identifikasi tanah lunak bisa dilakukan dengan menggunakan pengujian in-situ seperti sondir dan SPT. Suatu tanah dikategorikan sebagai tanah lunak apabila mempunyai nilai tahanan konus (q_c) kurang dari 10 atau nilai N SPT kurang dari 4 (Apriyono, 2008).

Menurut Hardiyatmo (2007), indeks pemampatan (C_c) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik $e - \log P$. Nilai indeks pemampatan menunjukkan kemampuan tanah dalam memampat, ketika terjadi peristiwa konsolidasi. Semakin besar nilai indeks pemampatan, semakin besar pula pemampatan yang terjadi pada tanah ketika proses konsolidasi, sehingga penurunan yang terjadi akan semakin besar (Coduto, 1994). Secara lebih jelas, penentuan indeks pemampatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Penentuan nilai indeks pemampatan (Coduto, 1994).

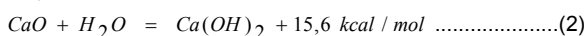
Nilai indeks pemampatan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} \quad (1)$$

dengan,

- e_1 : angka pori beban P_1 ,
- e_2 : angka pori beban P_2 ,
- P_1 : beban awal, (kg/cm^2),
- P_2 : beban akhir, (kg/cm^2),
- C_c : indeks pemampatan.

Stabilitas tanah dengan menggunakan metode kolom kapur, merupakan salah satu jenis stabilitas tanah secara kimiawi. Kapur aktif yang ditempatkan di lobang-lobang yang sebelumnya dibuat pada tanah lunak, akan akan mengabsorpsi air tanah dan menimbulkan reaksi hidrasi seperti ditunjukkan pada persamaan berikut ini (Apriyono, 2008).



Dari reaksi diatas, akan terjadi pembentukan hidrat dan absorpsi kapiler, yang mengakibatkan peningkatan kekuatan tanah dan memperkecil penurunan. Kapur aktif yang telah mati, akan bereaksi dengan mineral lempung seperti montmorillinit, akan menetralkan muatan negatif lempung, sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air akan berkurang (Bowles, 1989).

Proses stabilisasi dengan kolom kapur, memanfaatkan permukaan lobang, sebagai permukaan serapan kapur di dalam tanah. Diameter lobang yang kecil, akan memberikan permukaan serapan yang kecil sehingga proses stabilisasi terhadap daerah sekitarnya akan berjalan dengan lambat. Kolom kapur yang dibasahi dengan air, akan bereaksi lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak dibasahi dengan air (Apriyono, 2008).

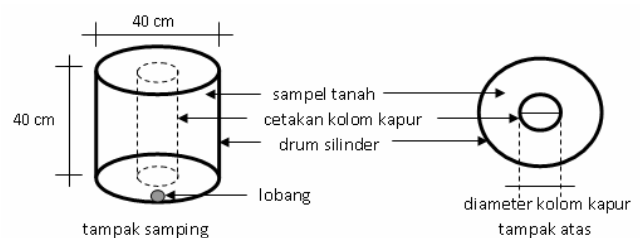
METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman. Sampel tanah diambil dari Desa Pekuncen Kecamatan Purwokerto Utara Banyumas. Identifikasi tanah lunak, berdasar pengujian sondir yang telah dilakukan oleh Lab. Mektan UNS, dimana nilai tahanan konus di lokasi tersebut sampai kedalaman $2,5 \text{ m} \square 10 \text{ kg/cm}^2$.

B. Alat dan Bahan

Tempat yang digunakan dalam pengujian utama berbentuk silinder yang terbuat dari lempengan baja dengan diameter 40 cm dan tinggi 40 cm. Bagian bawah drum diberi lobang yang dapat dibuka dan ditutup untuk mengatur keluarnya air. Lebih jelasnya, skets tempat pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bak pengujian.

Bahan yang dipakai dalam penelitian adalah sampel tanah yang diambil dari Desa Pekuncen, Kecamatan Purwokerto Utara sebanyak 2 m³. Selain itu, diperlukan juga kapur sebagai bahan stabilisasi.

C. Tahapan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Secara umum, penelitian dibagi menjadi tiga tahap pengujian sebagai berikut ini.

1) Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan meliputi uji analisis butiran, uji batas konsistensi dan uji pemadatan tanah di laboratorium

dengan menggunakan *standard proctor*. Uji analisis butiran dan uji batas konsistensi, digunakan untuk mengklasifikasikan tanah, sedangkan uji *standard proctor* digunakan untuk mengetahui kadar air optimum dan berat volume kering maksimum tanah.

2) Pengujian Utama

Sampel tanah yang telah disiapkan dimasukkan dalam tempat pengujian. Sebelumnya, pada bagian tengah tempat sampel, dipasang pipa dengan diameter sesuai ketentuan, yang berfungsi sebagai cetakan kolom kapur. Pemasukkan tanah dibagi dalam 3 lapisan dengan ketebalan masing-masing lapisan ± 10 cm. Setiap lapis tanah dipadatkan dengan menggunakan penumbuk *standard proctor* sebanyak 75 kali tumbukan. Nilai ini, ditetapkan untuk menyamakan perilaku pemadatan tanah untuk semua diameter kolom kapur.

Tahap selanjutnya setelah proses pemadatan dilakukan adalah membuat kolom kapur. Hal ini dilakukan dengan cara mengangkat cetakan, kemudian memasukkan kapur ke dalam lobang yang telah dibuat. Setelah dimasukkan, tanah didiamkan selama 24 jam dengan tujuan agar terjadi proses pengikatan ion Ca^{2+} dengan tanah.

Setelah 24 jam, tahap selanjutnya dilakukan proses penjuanan terhadap sampel tanah. Proses penjuanan dilakukan selama 6 hari dengan cara memasukkan air ke dalam tempat pengujian hingga penuh, lobang tempat keluarnya air dalam kondisi tertutup. Hal ini dimaksudkan agar kapur dapat cepat meresap ke dalam tanah.

Sampel tanah yang telah dijenuhkan selama 6 hari, selanjutnya dibiarkan selama 24 jam. Lobang tempat keluarnya air dibuka agar kadar air sampel berkurang. Hal ini dilakukan agar sampel tidak terlalu lunak, sehingga mudah dibentuk untuk dilakukan pengujian konsolidasi.

Setelah 24 jam, diambil satu sampel tanah pada jarak 5 cm, dari sisi terluar diameter kolom kapur, untuk dilakukan pengujian konsolidasi. Pengujian konsolidasi dilakukan untuk mengetahui nilai indeks pemampatan tanah.

Proses pengujian utama dilakukan untuk kelima variasi diameter yaitu 3 cm, 5 cm, 8 cm, 10 cm, dan 12 cm dan satu kali kondisi tanpa kolom kapur. Sehingga akan dilakukan enam kali pengujian konsolidasi, yang akan menghasilkan enam nilai indeks pemampatan untuk dibandingkan.

3) Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai indeks pemampatan tanah pada kondisi tanpa kolom kapur dengan nilai indeks pemampatan tanah pada kondisi setelah distabilisasi dengan kolom kapur. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik hubungan antar diameter dan nilai indeks pemampatan. Prosentase perubahan nilai indeks pemampatan untuk setiap kenaikan diameter dapat diketahui dari hasil analisis ini, sehingga akan dapat diketahui nilai diameter efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. Karakteristik Fisik Tanah

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, tanah di lokasi penelitian termasuk dalam klasifikasi CH (lempung

inorganik). Dari pengujian *standard proctor*, diperoleh hasil nilai kadar air optimum tanah sebesar 40%, sedangkan nilai berat volume tanah maksimum sebesar $1,15 \text{ gr/cm}^3$.

B. Nilai Indeks Pemampatan Tanah (C_c)

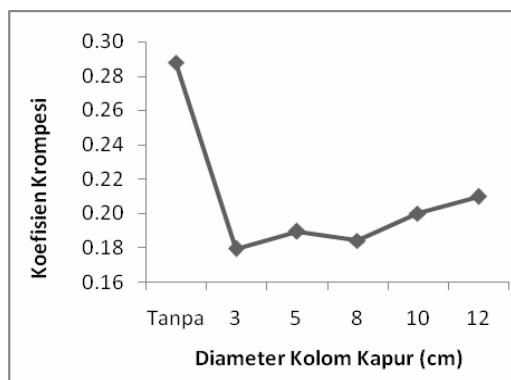
Pengujian utama dilakukan untuk mengetahui nilai Indeks Pemampatan (C_c) tanah, setelah dilakukan stabilisasi dengan menggunakan kolom kapur. Dari kelima variasi nilai diameter kolom kapur, akan diperoleh lima variasi nilai Indeks Pemampatan. Nilai C_c tanah, tanpa stabilisasi kolom kapur juga dicari, untuk digunakan sebagai pembanding. Jenis pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai C_c adalah pengujian konsolidasi. Hasil pengujian konsolidasi, disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara nilai beban dalam skala logaritma ($\log P$) dan nilai angka pori (e). Nilai C_c merupakan kemiringan dari bagian lurus kurva e - $\log P$.

Nilai C_c untuk setiap variasi diameter kolom kapur, dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1 NILAI C_c TANAH UNTUK Masing-masing DIAMETER KOLOM KAPUR.

No	Diameter Kolom Kapur (cm)	Indek Pemampatan
1	0	0.2878
2	3	0.1795
3	5	0.1894
4	8	0.1842
5	10	0.1999
6	12	0.2098

Perbandingan nilai C_c untuk semua nilai diameter kolom kapur, secara lebih jelas dapat disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik perbandingan nilai C_c .

Dari grafik perbandingan nilai C_c untuk semua nilai diameter, dapat dilihat bahwa secara umum, kolom kapur dapat menurunkan nilai C_c tanah secara signifikan. Penurunan nilai C_c setelah distabilisasi dengan kolom kapur, apabila dibandingkan dengan tanah tanpa kolom kapur, secara lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa penambahan diameter kolom kapur tidak mempengaruhi nilai C_c secara signifikan. Hal ini membuktikan, bahwa diameter kolom kapur tidak berpengaruh terhadap jarak penyebaran reaksi kolom kapur. Diameter kolom kapur hanya menambah permukaan sentuh kapur dengan tanah.

TABEL 2 PENURUNAN Cc MASING-MASING DIAMETER TERHADAP Cc TANPA KOLOM KAPUR.

No	Diameter Kolom Kapur (cm)	Penurunan Cc terhadap Cc tanpa kolom kapur	Prosentase Penurunan (%)
1	3	0,1083	37,63
2	5	0,0984	34,19
3	8	0,1036	36,00
4	10	0,0879	30,54
5	12	0,0780	27,10
rata-rata		0.0952	33.09

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan kolom kapur dapat menurunkan nilai indek pemampatan pada tanah lunak secara signifikan. Akan tetapi pertambahan diameter kolom kapur tidak mempengaruhi jarak penyebaran kolom kapur, hal ini dibuktikan dengan nilai Cc yang hampir sama, untuk semua nilai diameter kolom kapur. Diameter kolom kapur hanya berpengaruh terhadap luas permukaan sentuh kolom kapur terhadap tanah.

B. Saran

Untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian tentang rentang penyebaran kolom kapur,

sehingga jarak antar kolom kapur efektif yang diterapkan di lapangan akan dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono A, Sumiyanto, Patria, AN, 2008, Studi Pengaruh Stabilsasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Kolom Kapur Terhadap Parameter Kecepatan Penurunan Tanah, *Jurnal Dinamika Rekayasa*, Vol 4 No 1, pp. 1-5.
- Bowles J.E, 1989, *Foundation and Analysis Design*, Civil Engineering of Bradley University, Mc Graw Hill Company, New York
- Chan C.M & Ibrahim K.A, 2008, Ground Improvement with Cement-Rubberschip Stabilization, *International Workshop on Geotechnic of Soft Soil*, Glasgow, Scotland, 3-5 September 2008.
- Chan C.M & Ibrahim K.A, 2008, Using soft clay modified with cement-agricultural wastes as road construction materials, *International Conference on Transportation Geotechnic*, Nottingham, UK, 25-27 Agustus 2008.
- Coduto, 1994, *Foundation Design Principle and Practices*, Prentice Hall, New Jersey.
- DAS B.M., 1994, *Principle of Foundation Engineering*, PWS-KENT Publishing Company, Boston
- Hardiyatmo H.C, 2007, *Mekanika Tanah 2 Edisi Ke 4*, Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Hassan M.M & Ravaska O, 2008, Strength and Permeability Characteristics of Cement Stabilized Soft Finnish Clay, *International Workshop on Geotechnic of Soft Soil*, Glasgow, Scotland, 3-5 September 2008.
- Maszano, 2008, Influence of Curing Temperature on The Strength of Cement Stabilized artificial clay, *International Workshop on Geotechnic of Soft Soil*, Glasgow, Scotland, 3-5 September 2008