

INFLUENCE OF LIMES COLUMN VARIATION DISTANCE IN SOFT CLAY STABILIZATION A REVIEW OF INDEX COMPRESSION (C_c) PARAMETER

PENGARUH VARIASI JARAK KOLOM KAPUR DALAM STABILISASI LEMPUNG LUNAK PADA TINJAUAN NILAI INDEK PEMAMPATAN (C_c) TANAH

Arwan Apriyono¹⁾ dan Sumiyanto²⁾

¹⁾ Prodi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Jalan Mayjend Sungkono Km 5 Blater Purbalingga 53371. E-mail: arwan_civil00@yahoo.co.id

²⁾ Prodi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Jalan Mayjend Sungkono Km 5 Blater Purbalingga 53371. E-mail: masumiyanto@yahoo.com

ABSTRACT

A lot of building that located in north area of Java Island got settlement problem. The settlement caused by a lot of soil in the area included in soft clay soil classification. The behaviors of this soil are having large value of coefficient compression (C_c) and small value of bearing capacity. This condition causes soft clay soil potentially got large consolidation settlement. In this research, limes column stabilization method will be applied to make soft clay soil better. Limes columns were expected reduce C_c value so consolidation settlement decreased too. This research was conducted through experimental in laboratory, with box that have 100 cm in lengths, 40 cm in wide, and this height is 40 cm. Three variations of diameters (5 cm, 10 cm, 15 cm) and three variations of distance of sample taking from outside of the limes column mould (10 cm, 20 cm, 30 cm) was applied in this research. Influence of limes column to the value of C_c would be examined. The result of this research shown that limes column could reduce of C_c in significant value. The C_c value will decrease within decreasing of the distance of sample taking place. The average of decreasing value of C_c on three variation distance of column (10 cm, 20 cm, 30 cm) respectively are 17.28%, 44.97%, 52.24%. The most efficient distance of the limes column is approximately 20 cm.

Keyword : soft clay, index compression, limes column

ABSTRAK

Banyak bangunan yang berada di wilayah utara Jawa mengalami masalah penurunan. Penurunan terjadi karena banyak tanah di daerah tersebut termasuk ke dalam tanah lempung lunak. Sifat tanah ini adalah mempunyai nilai koefisien kompresibilitas (C_c) yang tinggi dan daya dukung yang rendah. Keadaan ini membuat tanah mengalami penurunan konsolidasi yang besar. Dalam penelitian ini, stabilisasi kolom kapur digunakan untuk memperbaiki sifat tanah lempung lunak tersebut. Kolom kapur diharapkan mengurangi nilai C_c sehingga penurunan konsolidasi juga berkurang. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian di laboratorium menggunakan kotak boks ukuran panjang 100 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm. Tiga variasi diameter (5 cm, 10 cm, 15 cm) dan tiga variasi jarak sampel dari luar kolom kapur (10 cm, 20 cm, 30 cm) digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kolom kapur terhadap nilai C_c . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolom kapur mengurangi nilai C_c secara signifikan. Nilai C_c turun seiring dengan semakin dekatnya jarak antar kolom kapur. Rata-rata penurunan nilai C_c untuk tiga variasi jarak sampel dari luar kolom kapur (10 cm, 20 cm, 30 cm) adalah 17,28%, 44,97%, 52,24%. Jarak sampel dari luar kolom yang paling efektif adalah 20 cm.

Kata-kata Kunci : lempung lunak, indeks kompresibilitas, kolom kapur

PENDAHULUAN

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 and Ibrahim, 2008).

Menurut Chan (2008), stabilisasi adalah proses modifikasi kimia pada tanah, dengan menambahkan zat aditif 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 aditif 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%. Mar-

zano (2008), menghasilkan kesimpulan bahwa kekuatan tanah lempung lunak meningkat apabila ditambah dengan semen dengan kombinasi pemanasan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hassan dan Rayaska (2008), menghasilkan kesimpulan bahwa semen dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas tanah lempung lunak.

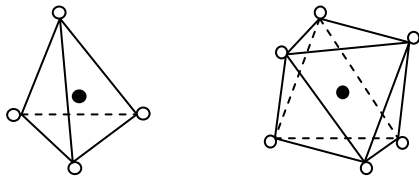
Dari penelitian-penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kolom kapur merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah, dalam menangani tanah lunak. Penelitian ini adalah kelanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan menitikberatkan pada pengaruh jarak penyebaran kolom kapur terhadap perubahan nilai indek pemampatan (C_c) tanah. Apabila jarak maksimal pengaruh penyebaran kolom kapur dapat diketahui, maka jarak antar kolom kapur efektif dapat ditentukan, sehingga akan sangat membantu dalam desain stabilisasi tanah lempung lunak.

Tujuan dari penelitian ini, adalah untuk mengamati perubahan nilai indek pemampatan (C_c) pada tanah lempung lunak, yang distabilisasi dengan menggunakan kolom kapur, pada fungsi jarak antar kolom kapur. Nilai jarak antar kolom kapur yang paling efektif, untuk digunakan dalam usaha stabilisasi tanah dapat diketahui dari hasil penelitian ini.

Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak merupakan tanah lempung yang mempunyai nilai kapasitas dukung rendah dengan nilai indek 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 ($< 2 \mu\text{m}$). 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 dilingkupi oleh enam hidroksil yang membentuk bangunan oktahedron (Das, B.M. 1994).



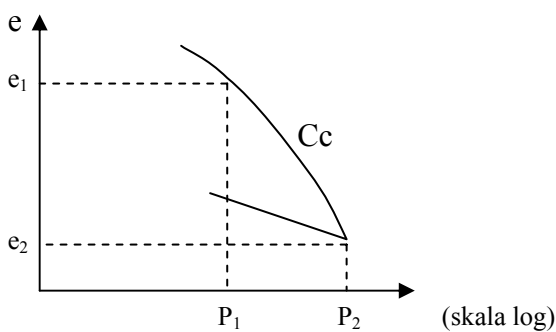
○ oksigen ● silikon ● aluminium ○ hidrogen

Gambar 1. Mineral-mineral lempung (Das, 1994)

Secara praktis, identifikasi tanah lunak bias 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).

Indek Pemampatan Tanah (C_c)

Menurut Hardiyatmo (2007), indek 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 indek pemampatan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



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

Nilai indek pemampatan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut ini.

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

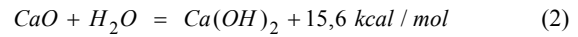
dengan,

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 : indek pemampatan.

Stabilisasi Tanah dengan Kolom Kapur

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).

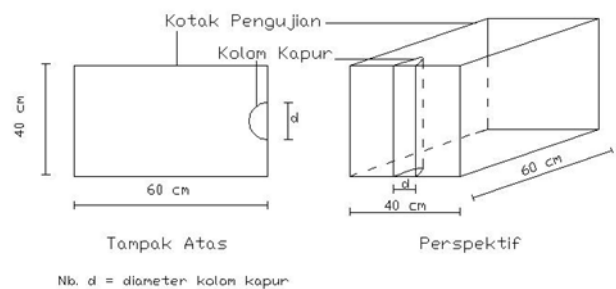
METODE

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 $2,5 \text{ m} \leq 10 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Volume tanah yang diambil adalah 2 m^3 .

Alat dan Bahan

Tempat pengujian berupa kotak, yang terbuat dari lempengan baja dengan panjang 100 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Di bagian bawah kotak pengujian diberi lobang yang dapat dibuka dan ditutup untuk mengatur keluarnya air. Secara lebih jelas, skets tempat pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Bak pengujian.

Bahan yang dipakai dalam penelitian adalah sampel tanah yang diambil dari Desa Pekuncen, Kecamatan Purwokerto Utara sebanyak 2 m^3 . Selain itu, diperlukan juga kapur sebagai bahan stabilisasi. Pengujian dilakukan terhadap 3 variasi diameter kolom kapur yaitu diameter 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Dari masing-masing variasi diameter, akan diambil 3 sampel untuk pengujian

konsolidasi. Sampel diambil pada jarak 10 cm, 20 cm, dan 30 cm dari sisi terluar kolom kapur.

Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Percobaan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman. Secara umum, penelitian dibagi menjadi dua tahap pengujian sebagai berikut ini.

a. Pengujian Pendahuluan

Pengujian Sampel tanah yang telah diambil dari lokasi, dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam, agar kadar air sampel ± 0 %. Sampel tanah yang telah kering, kemudian disaring dengan saringan nomor 4 ($D = 4.75$ mm). Hal ini dimaksudkan agar kondisi tanah sesuai dengan tanah yang digunakan dalam pengujian *standard proctor*. Sebelum dimasukkan pada tempat pengujian, tanah dicampur dengan air, sehingga kadar air tanah sama dengan kadar air optimum yang dihasilkan dari pengujian *standard proctor*. Penambahan air pada sampel tanah dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_w = \omega W_{tnt} \quad (3)$$

dengan,

- V_w : Volume air yang akan ditambahkan pada tanah, (cm^3),
- ω : kadar air optimum hasil pengujian *standard proctor*, (%)
- W_{tnt} : Berat tanah yang akan dimasukkan dalam tempat pengujian, (kg).

b. Pengujian Utama

Sampel tanah yang telah disiapkan dimasukkan dalam tempat pengujian. Sebelumnya, pada bagian pinggir kotak pengujian dipasang cetakan kolom kapur yang berbentuk setengah lingkaran, dengan diameter menyesuaikan dengan diameter kolom kapur yang akan diuji. Pemasukkan tanah ke dalam kotak pengujian dilakukan secara berlapis. Setiap lapis memiliki tebal 5 cm setelah dipadatkan dengan menggunakan penumbuk *standard proctor* sebanyak 75 kali tumbukan. Pemasukkan sample diteruskan hingga ketinggian tanah mencapai 30 cm padat. Hal ini dilakukan untuk menyamakan perilaku pemadatan tanah pada semua diameter kolom kapur.

Setelah pemadatan sampel tanah selesai, langkah selanjutnya adalah membuat kolom kapur 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 penjuhan terhadap sampel tanah. Proses penjuhan dilakukan 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. Proses penjuhan dilakukan selama 6 hari, dengan pertimbangan kapur memberikan efek yang signifikan, hanya sampai hari ke 6.

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 tiga sampel tanah pada jarak 10 cm, 20 cm, dan 30 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 ketiga variasi diameter yaitu 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Pengujian konsolidasi juga dilakukan terhadap satu sampel tanah sebelum proses stabilisasi dimulai pada salah satu diameter saja. Sehingga akan dilakukan sepuluh kali

pengujian konsolidasi, yang akan menghasilkan sepuluh nilai indeks pemampatan untuk dibandingkan.

c. Analisis Data

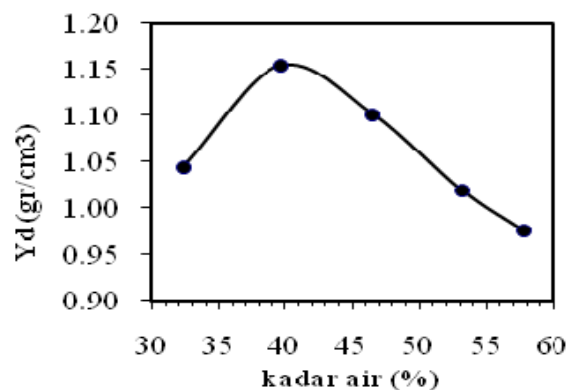
Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai indeks pemampatan tanah pada kondisi tanpa kolom kapur dengan nilai indeks pemampatan tanah pada kondisi setelah distabilisasi dengan kolom kapur. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara jarak pengambilan sampel dan nilai indeks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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Pendahuluan

Dari pengujian pendahuluan terhadap sampel tanah diperoleh nilai *specific gravity* tanah sebesar 2,67. Sedangkan berdasarkan pengujian analisis butiran dan uji batas konsistensi tanah, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah diklasifikasikan ke dalam tanah lempung inorganik berdasarkan sistem klasifikasi USCS.

Pengujian *standard proctor* menghasilkan nilai kadar air optimum tanah sebesar 40 %, dengan γ_d maksimum 1,15 gram/cm^3 . Secara lebih jelas, grafik hasil pengujian *standard proctor* dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.

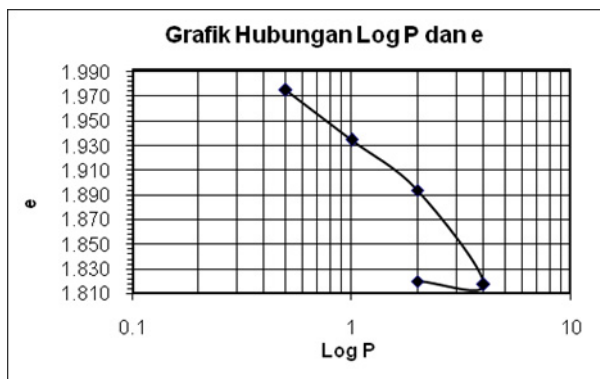


Gambar 4. Grafik hubungan $\omega - \gamma_d$

Hasil Uji Utama

Pengujian utama dilakukan untuk mengetahui nilai Indeks Pemampatan (C_c) tanah, setelah dilakukan stabilisasi dengan menggunakan kolom kapur. Dari ketiga variasi jarak pengambilan sampel untuk tiga variasi diameter yang berbeda akan diperoleh sembilan nilai C_c . 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 - $\log P$. Gambar 5 dibawah ini merupakan contoh hasil pengujian konsolidasi untuk diameter kolom kapur 5 cm pada jarak pengambilan sampel 10 cm dari titik terluar kolom kapur.

Rekapitulasi nilai C_c tanah, untuk masing-masing jarak pengambilan sampel pada ketiga diameter kolom kapur dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

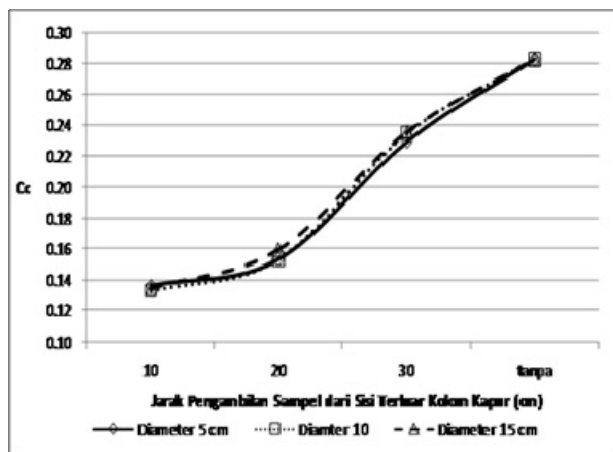


Gambar 5. Contoh hasil pengujian konsolidasi

Tabel 1. Rekapitulasi nilai Cc

| D Kolom Kapur (cm) | Jarak Ambil Sampel (cm) | Cc |
|----------------------------|-------------------------|----------|
| 5 | 10 | 0.136514 |
| 5 | 20 | 0.153042 |
| 5 | 30 | 0.229563 |
| 10 | 10 | 0.133147 |
| 10 | 20 | 0.153654 |
| 10 | 30 | 0.235073 |
| 15 | 10 | 0.134677 |
| 15 | 20 | 0.159164 |
| 15 | 30 | 0.235685 |
| Sampel Tanpa Kolom Kapur : | | 0.282210 |

Perbandingan nilai Cc untuk semua nilai jarak pengambilan sampel pada masing-masing nilai diameter kolom kapur, secara lebih jelas dapat disajikan dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik hubungan variasi kolom kapur-Cc.

Dari grafik perbandingan nilai Cc untuk semua nilai jarak pengambilan sampel pada ketiga diameter yang berbeda, dapat dilihat bahwa secara umum, kolom kapur dapat menurunkan nilai Indeks Pemampatan tanah. Semakin kecil jarak pengambilan sampel, nilai Cc menjadi semakin kecil pula. Apabila dibandingkan dengan nilai Cc tanpa stabilisasi kolom kapur, maka selisih nilai Cc untuk jarak pengambilan sampel 30 cm adalah 0.0487/17,28% (rerata dari ketiga diameter). Adapun untuk jarak pengambilan sampel 20 cm dan 10 cm secara berurutan adalah 0.1269/44,97% dan 0,1474/52,24%. Secara lebih jelas, perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan nilai Cc pada variasi kolom kapur

| D Kolom Kapur (cm) | Jarak Ambil Sampel (cm) | Selisih Terhadap Cc Tanpa Kolom Kapur | Rerata | Prosentase | Rerata (%) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------|------------|------------|
| 5 | 30 | 0.05265 | 0.0488 | 18.66 | 17.28 |
| 10 | 30 | 0.04714 | | 16.70 | |
| 15 | 30 | 0.04652 | | 16.49 | |
| 5 | 20 | 0.12917 | 0.1269 | 45.77 | 44.97 |
| 10 | 20 | 0.12856 | | 45.55 | |
| 15 | 20 | 0.12305 | | 43.60 | |
| 5 | 10 | 0.14570 | 0.1474 | 51.63 | 52.24 |
| 10 | 10 | 0.14906 | | 52.82 | |
| 15 | 10 | 0.14753 | | 52.28 | |

Dari grafik dan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai Cc mengalami penurunan yang signifikan pada jarak pengambilan sampel 20 cm (44,97 %). Dapat dilihat juga, gradien penurunan sudah mulai berkurang pada jarak pengambilan sampel 10 cm. Dari hal diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai jarak pengambilan sampel mencapai nilai optimal pada kisaran angka 20 cm. Sehingga dapat disimpulkan juga, berdasarkan penelitian ini, jarak antar kolom kapur yang efektif berada pada kisaran jarak 20 cm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Penggunaan kolom kapur dapat menurunkan nilai indeks pemampatan pada tanah lunak secara signifikan.
2. Semakin kecil jarak pengambilan sampel, nilai Cc akan menjadi semakin kecil pula.
3. Jarak antar kolom kapur yang efisien berdasarkan penelitian berada pada kisaran angka 20 cm.

Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk keberlanjutan penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan semakin memperkecil beda jarak pengambilan sampel, sehingga akan semakin memperjelas nilai jarak antar kolom kapur yang paling efektif.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh kolom kapur terhadap kecepatan penurunan konsolidasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono, A. dkk. (2008). "Studi Pengaruh Stabilitas 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. and 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 and 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. and 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, et. al. (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.