

STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK MENGGUNAKAN KOLOM KAPUR DENGAN VARIASI JARAK PENGAMBILAN SAMPEL

Qunik Wiqoyah¹, Anto Budi L², Dicky Luthfiarta³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl.Ahmad Yani, Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta
E-mail: qunik_w@yahoo.co.id

Abstrak

Tanah retak-retak, bergelombang serta badan jalan yang mengalami penurunan yang signifikan adalah merupakan beberapa contoh permasalahan yang muncul untuk kondisi tanah di desa Jono kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. Stabilisasi tanah dengan menggunakan kolom kapur adalah suatu jalan yang paling dianggap murah dari pada mengganti tanah lama yang kurang baik dengan yang lebih baik dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli yang memiliki kuat dukung rendah, indek plastisitas tinggi, pengembangan tinggi dan gradasi buruk, terutama untuk perbaikan tanah pada daerah yang cukup luas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh stabilisasi kolom kapur terhadap tanah lempung lunak dari Desa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen ditinjau dari nilai koefisien konsolidasi tanah (C_v), $Compression Index(C_c)$, dan penurunan konsolidasi (Sc) berserta beberapa sifat fisiknya. Pengujian ini dengan variasi jarak pengambilan sampel 16,67 cm; 33,33 cm dan 50 cm dari kolom kapur. Hasil pengujian menunjukkan, semakin dekat jarak pengambilan sampel dari kolom kapur maka nilai $specific gravity(G_s)$ semakin kecil selain nilai G_s yang semakin kecil nilai batas cair (LL) dan nilai indeks plastisitas (PI) semakin menurun, sedangkan nilai batas plastis (PL) dan batas susut (SL) justru semakin meningkat. Gradasi butiran tanah pun mengalami perbaikan dengan semakin banyaknya fraksi yang tertahan saringan No 200. Hasil pengujian konsolidasi menunjukkan, semakin dekat jarak pengambilan sampel dari kolom kapur maka nilai koefisien konsolidasi tanah (C_v) cenderung naik, dengan demikian nilai C_v terkecil terjadi pada sampel tanah tanpa stabilisasi kolom kapur. Nilai $Compression Index(C_c)$ cenderung turun, nilai $Compression Index(C_c)$ tertinggi terjadi pada pengambilan sampel tanpa menggunakan stabilitas kolom kapur, nilai $Compression Index(C_c)$ terendah terjadi pada sampel tanah dengan menggunakan stabilitas kolom pasir pada jarak pengambilan sampel 16,67 cm dari kolom kapur. Sedangkan nilai penurunan konsolidasi (Sc) semakin besar, nilai Sc terkecil terjadi pada sampel tanah dengan stabilisasi kolom kapur pada jarak pengambilan sampel 16,67 cm dari kolom kapur, nilai Sc terbesar terjadi pada sampel tanah tanpa menggunakan stabilisasi kolom kapur. Berdasarkan penelitian di atas menunjukkan bahwa dengan penambahan kolom kapur mampu meningkatkan/memperbaiki sifat fisis maupun mekanis dari tanah lempung lunak dari Ds. Jono Kec. Tanon Kab. Sragen.

Kata kunci: indeks pemampatan (C_c); kapur; koefisien konsolidasi tanah (C_v); penurunan konsolidasi tanah lempung

Pendahuluan

Berdasarkan penelitian Amin (2010), tanah di desa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen diketahui memiliki batas cair sebesar 75,9%, Batas Plastis 22,5% serta batas susut 14,286% sehingga dapat disimpulkan tanah ini merupakan tanah lempung kohesif dengan plastisitas tinggi karena memiliki indek plastisitas sebesar 53,4%. Menurut penelitian Sulistio (2011), tanah Tanon memiliki $Compression index (C_c)$ sebesar 0,2 dan $Coefficient of Consolidation (C_v)$ 0,0064 cm^2/dt serta $Settlement of Consolidation (Sc)$ 0,44 cm. Stabilisasi tanah adalah merupakan suatu jalan yang paling dianggap murah dari pada mengganti tanah lama yang kurang baik dengan yang lebih baik dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli yang memiliki daya dukung rendah, indek plastisitas tinggi, pengembangan tinggi dan gradasi buruk, terutama untuk daerah yang cukup luas untuk memerlukan perbaikan tanah. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melakukan stabilisasi ini yang diantaranya dengan memberikan bahan tambahan sebagai *additive* yang berguna untuk meningkatkan kekakuan tanah serta kekuatannya.

Kapur

Bahan dasar kapur ialah batu kapur. Batu kapur mengandung unsur kalsium karbonat ($CaCO_3$). Pemanasan (kira-kira $980^{\circ}C$), karbon dioksidanya keluar, dan tinggal kapur saja (CaO) (Tjokrodinuljo, 1995). Kapur diperoleh

dari kalsium oksida (kapur hidup atau *quick lime*) dan kalsium hidroksida (kapur mati atau *slake lime*). Kalsium oksida (CaO) adalah hasil pembakaran karbonat (CaCO₃) dengan pemanasan kira-kira 80⁰C sampai karbon oksidanya keluar. Kalsium hidroksida adalah hasil dari hidrasi kalsium oksida (CaO) atau dengan menambahkan air (H₂O) pada partikel CaO. (Tjokrodimuljo, 1995).

Stabilisasi tanah dengan kolom kapur

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



Dari reaksi di atas, akan terjadi pembentukan hidrat dan absorbs kapiler, yang mengakibatkan peningkatan kekuatan (daya dukung) tanah, permeabilitas dan memperkecil penurunan. Kapur aktif yang telah mati, akan bereaksi dengan mineral lempung seperti monmorillinit, akan menetralsir muatan negatif lempung, sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air akan berkurang (Bowles, 1989).

Proses stabilisasi dengan kolom kapur, memanfaatkan permukaan lubang, sebagai permukaan serapan kapur di dalam tanah. Diameter lubang 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).

Indeks pemampatan (Cc)

Besarnya nilai indek pemampatan (Cc) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik $e - \log p'$ hasil pengujian konsolidasi di laboratorium yang dapat ditulis dalam persamaan :

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{(e_1 - e_2)}{\log p'_2 - \log p'_1} \quad (1)$$

Dengan:

e_1 = besarnya angka pori pada tegangan p'_1

e_2 = besarnya angka pori pada tegangan p'_2

p'_1 = beban awal (kg/cm²)

p'_2 = beban akhir (kg/cm²)

Cc = indeks pemampatan

Koefisien konsolidasi (Cv)

Koefisien konsolidasi digunakan untuk memperkirakan/menghitung kecepatan penurunan suatu tanah. Kecepatan ini sangat penting untuk diketahui terutama untuk tanah yang memiliki penurunan sangat besar, hal ini dikarenakan akan sangat mempengaruhi kondisi bangunan struktur yang berdiri di atasnya. Nilai koefisien konsolidasi dapat dihitung dengan rumus 2.

$$C_{v90} = T_v \frac{H^2}{t_{90}} \quad (2)$$

Dengan:

T_v = *time factor* (bilangan tak berdimensi)

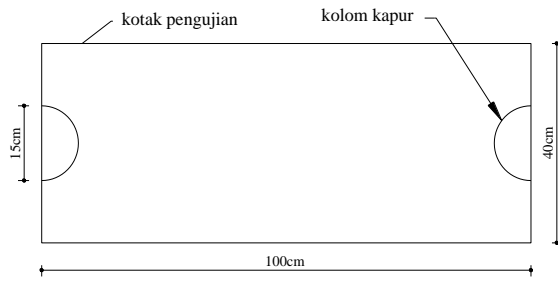
t_{90} = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 90% (detik)

C_v = *Coefficient of Consolidation* (cm²/detik)

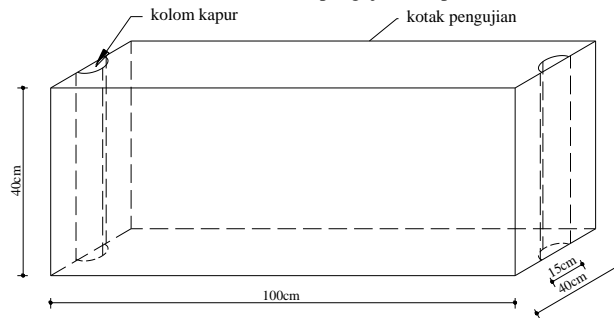
H = panjang lintasan drainase (cm)

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan melakukan berbagai macam percobaan sehubungan dengan data-data yang diperlukan. Pelaksanaan percobaan atau pengujian sampel tanah tersebut dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan sampel tanah diambil dari daerah Tanon Kabupaten Sragen. Jenis pengujian terdiri dari uji sifat fisis dan sifat mekanis. Uji sifat mekanis berupa uji konsolidasi, dengan bahan stabilisasi kapur padam yang dijual di pasaran. Penelitian ini menggunakan *box* dengan dimensi 1m x 0,4m x 0,4m (Gambar 1 dan 2), dengan 2 kolom kapur (diameter 15 cm), jarak antar kolom yang dipasang sejajar adalah 1 m. sedangkan sampel diambil pada jarak 16,67cm, 33,33 cm dan 50cm dari As Kolom.

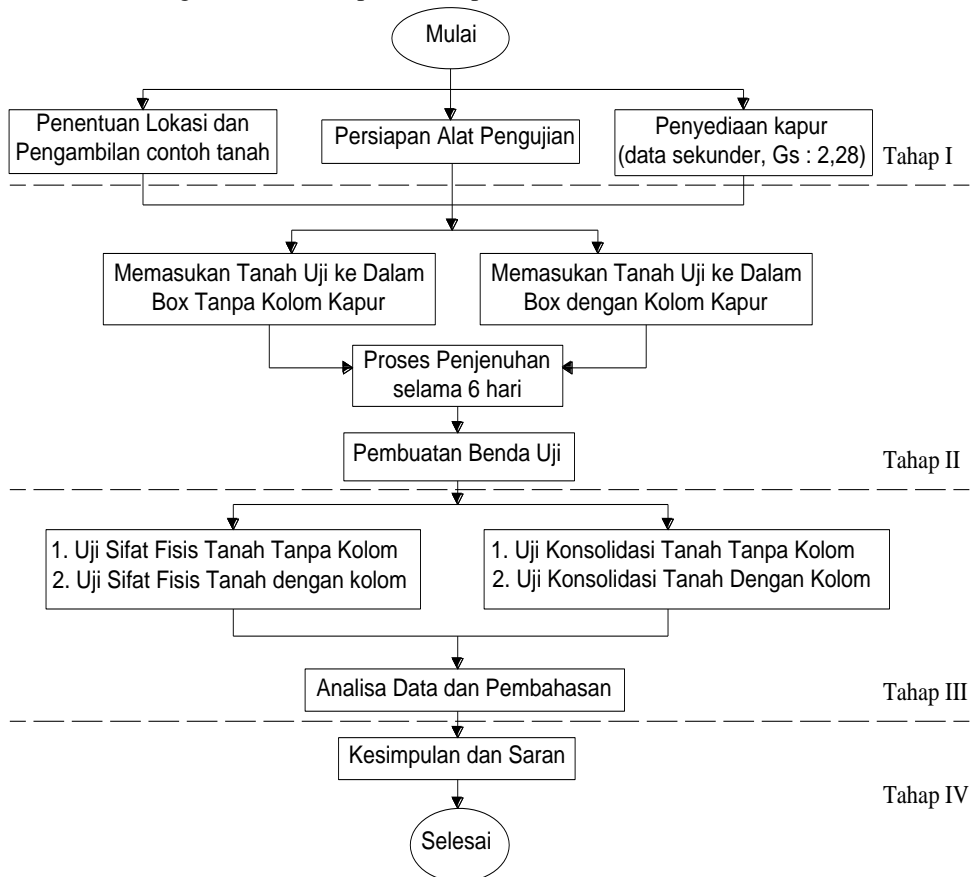


Gambar 1. Sketsa kotak pengujian tampak atas



Gambar 2. Sketsa kotak pengujian tampak 3 dimensi

Tahapan penelitian secara singkat dan rinci dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

Hasil dan Pembahasan Penelitian

Uji statis

Uji *specific gravity* (Gs)

Pengujian berat jenis tanah (Gs) meliputi tanah yang tanpa kolom dan juga untuk tanah yang sudah distabilisasi kolom kapur dengan pengambilan jarak dari kolom kanan dan kiri sejauh 16,67 cm; 33,33 cm dan 50 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penelitian *Specific Gravity*

Jenis	Tanpa	Jarak pengambilan sampel (cm)				
		50	33,33 _{kiri}	33,33 _{kanan}	16,67 _{Kiri}	16,67 _{Kanan}
Pemeriksaan	Kolom					
Gs	2.608	2.595	2.591	2.584	2.578	2.582
Rata-rata	2.608	2.595	2.588		2.580	

Uji batas-batas *atterberg*

Hasil uji batas-batas *Atterberg* Tabel 2.

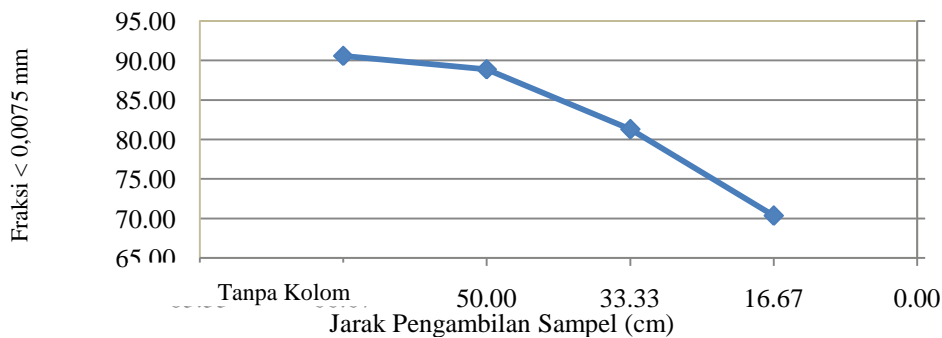
Tabel 2. Hasil pengujian *atterberg limits*

Pengambilan Sampel (cm)	LL (%)	Rata-rata	PL (%)	Rata-rata	PI (%)	Rata-rata	SL (%)	Rata-rata
Tanpa Kolom	89.60	89.60	32.35	32.35	57.25	57.25	10.59	10.59
50.00	78.80	78.80	33.10	33.10	45.70	45.70	10.77	10.77
33,33 _{kiri}	75.30	74.75	37.45	37.00	37.85	37.75	16.84	17.47
33,33 _{kanan}	74.20		36.55		37.65		18.09	
16,67 _{Kiri}	62.70	64.15	42.61	41.99	20.09	22.16	26.89	25.48
16,67 _{Kanan}	65.60		41.37		24.23		24.07	

Dari Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa nilai *Liquid Limit* mengalami penurunan ketika semakin mendekati kolom kapur. Kapur yang bercampur dengan tanah menyebabkan mudah terlepasnya partikel tanah dari ikatannya, sehingga kohesi tanah pun akan menurun. Seiring menurunnya nilai kohesi tanah maka akan diikuti turunnya nilai *liquid limit* (LL). Menurunnya nilai LL dan naiknya nilai batas plastis (PL) maka akan menyebabkan turunnya nilai indeks plastisitas tanah (PI). Nilai indeks plastisitas yang turun menunjukkan semakin mengecilnya potensi pengembangan tanah.

Gradasi butiran

Sifat pengembangan tanah sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kandungan fraksi butiran tanah yang halus (ukuran < 0,0075 mm). Untuk menentukan susunan ukuran butiran tanah maka dilakukanlah pengujian analisa ukuran butiran tanah. Dari hasil penelitian ternyata didapatkan bahwa pengambilan sampel semakin mendekati kolom kapur, maka akan semakin berkurang pula komposisi butiran lolos saringan No 200. Perubahan gradasi inilah yang mempengaruhi perubahan terhadap karakteristik tanah seperti berat jenis, indeks plastisitas maupun kecepatan pemampatannya. Hasil pengujian gradasi butiran tanah untuk selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara jarak pengambilan sampel dengan fraksi < 0,0075 mm

Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah merupakan pengelompokan tanah-tanah untuk menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama. Terdapat dua sistem klasifikasi yang bisa dipakai, yaitu *Unified Soil Classification System* (USCS) dan *American*

Association of State Highway and Transportation Officials Classification (AASHTO) yang menggunakan sifat-sifat *index* tanah seperti distribusi butiran, batas cair serta indeks plastisitas. Hasil pengklasifikasian tanah secara USCS dan AASHTO secara detail dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil klasifikasi tanah

Pengambilan sampel (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Lolos No.200 (%)	GI	Klasifikasi tanah	
						USCS	AASHTO
Tanpa Kolom	89.60	31.27	58.33	90.60	61	CH	A-7-5
50	78.80	33.10	45.70	88.89	48	CH	A-7-5
33,33rata-rata	74.75	37.00	37.75	81.28	36	MH/OH	A-7-5
16,67rata-rata	64.15	41.99	22.16	70.51	18	MH/OH	A-7-5

Uji sifat mekanis

Pemeriksaan konsolidasi

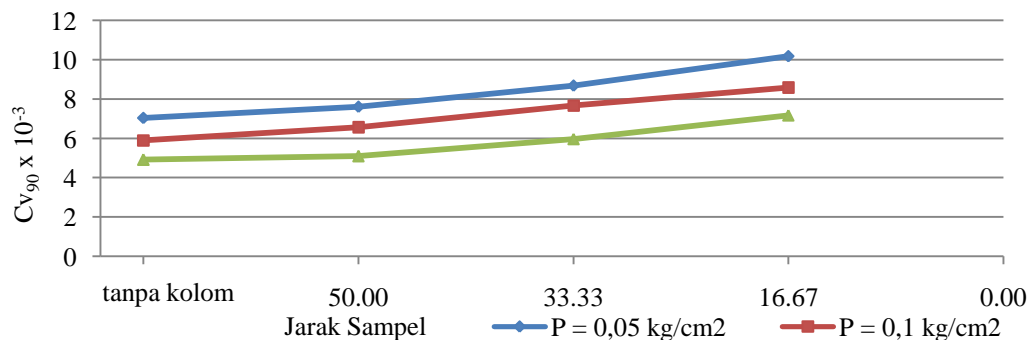
Pengujian sifat mekanis hanya akan dilakukan uji konsolidasi. Tujuan dari pengujian konsolidasi adalah untuk mendapatkan nilai koefisien konsolidasi (C_v) dan indeks pemampatan (C_c) dari tanah lempung lunak dari Desa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen yang telah distabilisasi dengan menggunakan kolom kapur dengan variasi jarak pengambilan sampel sebesar 16,67 cm, 33,33 cm dan 50 cm dari tepi kolom kapur kiri dan kanan . Selain itu pengujian juga dilakukan untuk tanah yang tidak distabilisasi untuk digunakan sebagai pembanding, sehingga dapat dilihat perubahan dari sifat mekanis tanah tersebut yang ditinjau dari uji konsolidasinya.

Coefficient of consolidation (C_v)

Pengambilan sampel dilakukan pada jarak 50 cm; 33,33 cm dan 16,67 cm dari kiri (I) dan kanan (II) kolom kapur. Rekapitulasi perbandingan nilai koefisien konsolidasi (C_v) untuk masing-masing jarak pengambilan contoh secara lebih detail dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan koefisien konsolidasi (cm^2/dt)

Jarak sampel (cm)	$P = 0,05 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0,1 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0,15 \text{ kg/cm}^2$		
	C_{v90} I	C_{v90} II	rata-rata	C_{v90} I	C_{v90} II	rata-rata	C_{v90} I	C_{v90} II	rata-rata
Tanpa Kolom	0.0076	0.0065	0.0070	0.0061	0.0058	0.0059	0.0051	0.0048	0.0049
50	0.0076		0.0076	0.0066		0.0066	0.0051		0.0051
33,33	0.0090	0.0084	0.0087	0.0079	0.0074	0.0077	0.0063	0.0057	0.0060
16,67	0.0112	0.0091	0.0102	0.0095	0.0077	0.0086	0.0076	0.0067	0.0072



Gambar 5. Grafik hubungan antara variasi jarak pengambilan sampel dengan $C_{v90} \times 10^{-3}$

Dari Tabel 4 dan Gambar 5 di atas menunjukkan perbandingan nilai *coefficient of consolidation* (C_v) untuk semua jarak yaitu 16,67 cm, 33,33 cm, dan 50 cm dari kolom kapur, dapat dilihat bahwa secara umum bahwa kolom kapur mampu meningkatkan nilai *coefficient of consolidation* (C_v). Semakin kecil jarak pengambilan sampel maka akan didapatkan nilai koefisien konsolidasi (C_v) yang semakin meningkat. Hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi akan semakin pendek. Berkurangnya waktu konsolidasi ini disebabkan karena terjadi perbaikan dalam sifat fisis dari tanah seperti dijelaskan dalam pembahasan sifat fisis di atas.

Apabila dibandingkan dengan nilai Cv tanah tanpa menggunakan stabilisasi kolom kapur, secara persentase nilainya mengalami peningkatan cukup signifikan yang ditinjau dari selisihnya dari sampel dengan pendekatan terhadap kolom kapur setiap sejauh 16,67 cm selalu mengalami peningkatan dalam angka rata-rata persentasenya. Untuk lebih detailnya dapat dilihat langsung pada Tabel 5.

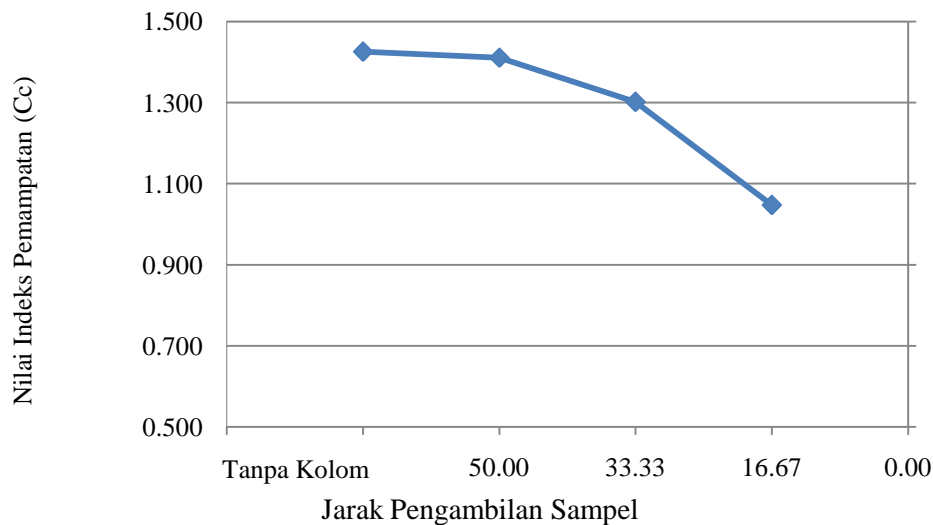
Tabel 5. Perbandingan nilai Cv pada variasi jarak pengambilan sampel terhadap tanah tanpa stabilisasi

jarak sampel	Selisih terhadap Cv tanpa stabilisasi dengan kolom kapur						Rata-rata
	P=0,05kg/cm ²		P=0,1kg/cm ²		P=0,15kg/cm ²		Persentase
(cm)	rata-rata Cv ₉₀	persentase	rata-rata Cv ₉₀	persentase	rata-rata Cv ₉₀	presentase	%
50	0.0006	8.0678	0.0007	11.1424	0.0002	3.6565	7.62
33,33	0.0016	23.2205	0.0018	29.9923	0.0011	21.4681	24.89
16,67	0.0031	44.5287	0.0027	45.3286	0.0023	45.8088	45.22

Dari Tabel 5 di atas dapat diperhatikan bahwa persentase selalu mengalami peningkatan yang signifikan ketika mendekati kolom kapur yang dipasang. Selisih persentase terbesar antara sampel yang diambil pada jarak 50 cm dan 33,33 cm yaitu sebesar 17,27 %.

Compression index (Cc)

Rekapitulasi nilai indeks pemampatan (Cc) yang ditinjau dengan variasi jarak pengambilan sampel, untuk melihat pengaruh jarak sampel terhadap kolom kapur dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai *Compression Index* merupakan perwujudan dari kemampuan tanah dalam memampat saat terjadi konsolidasi. Semakin kecil pemampatan tanah yang terjadi saat mengalami proses konsolidasi, maka akan semakin kecil pula nilai *Compression Index*-nya. Tabel 6 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa tanah akan memiliki nilai *Compression Index* yang semakin kecil ketika semakin mendekati kolom kapur.



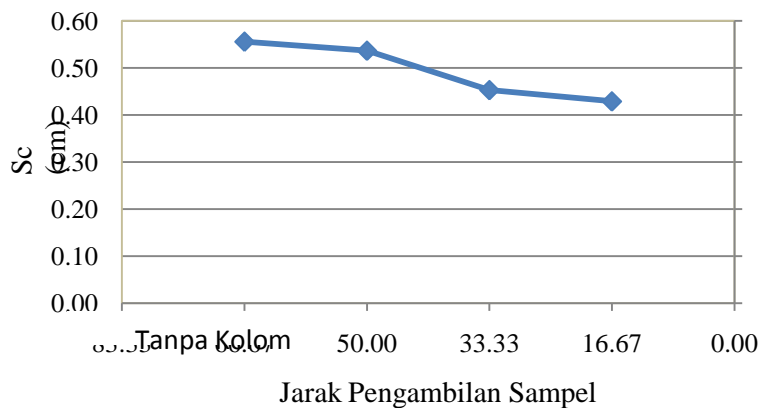
Gambar 6. Hubungan jarak pengambilan sampel dengan nilai Cc

Penurunan konsolidasi (Sc)

Rekapitulasi nilai penurunan konsolidasi (Sc) yang ditinjau dengan variasi jarak pengambilan sampel untuk melihat pengaruh jarak sampel terhadap kolom kapur dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai Sc (cm)

Jarak sampel (cm)	Sc kiri	Sc kanan	rata-rata
tanpa kolom	0.5822	0.5295	0.5558
50	0.5366		0.5366
33,33	0.4182	0.4878	0.4530
16,67	0.4163	0.4419	0.4291



Gambar 7. Hubungan jarak pengambilan sampel dengan nilai Sc

Dari Tabel 7 dan Gambar 7 menunjukkan seiring dengan semakin dekatnya sampel yang diambil dengan kolom kapur maka akan didapat nilai penurunan konsolidasi (S_c) yang semakin menurun. Penurunan nilai S_c ini menunjukkan bahwa kolom kapur memiliki pengaruh yang baik terhadap tanah Tanon karena dapat mengurangi penurunan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan di laboratorium dan analisa data penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanah Tanon mengalami perbaikan dalam hal sifat fisisnya ketika diberi kolom kapur, sampel tanah yang berturut-turut diambil pada jarak 50 cm ; 33,33 cm; dan 16,67 cm dari kolom memiliki G_s yang semakin baik bila dibanding dengan tanah aslinya yaitu rata-rata sebesar 2,595; 2,588; 2,580 dibanding tanah aslinya yang hanya sebesar 2,608. LL juga mengalami penurunan yang cukup signifikan yaitu berturut-turut sebesar 78,80%; 74,5%; 64,15% dibanding tanah aslinya sebesar 89,60%. Lalu PL semakin meningkat nilainya, dari rata-rata sebesar 33,10%; 37,00%; 41,99% dibanding tanah aslinya yang sebesar 32,35%. Dan SL yang juga mengalami peningkatan rata-rata sebesar 10,77%; 17,47; 25,48% dibanding tanah aslinya sebesar 10,59. Kemudian ditinjau dari persen lolos saringan No.200 semakin menurun seiring semakin mendekat ke kolom kapur yang berturut-turut sebesar 88,89%; 81,28%; 70,51% yang dibanding dengan tanah aslinya yang sebesar 90,60%.
2. Penambahan kolom kapur mampu meningkatkan koefisien konsolidasi (C_v), rata-rata selisih kenaikan antar jarak pengambilan benda uji yang terbesar adalah pada jarak pengambilan sampel 33,33cm adalah 17,27 %. Peningkatan nilai koefisien konsolidasi (C_v) juga diikuti dengan menurunnya nilai indeks pemampatan (C_c) apabila semakin mendekati kolom kapur yaitu rata-rata sebesar 1,05 pada jarak pengambilan 16,67 cm serta didapatkan nilai penurunan konsolidasi (S_c) sebesar 0,43 cm pada jarak pengambilan sampel yang sama.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials.(1996). *Annual Book of ASTM Standard, Race Street*. Philadelphia, USA
- Amin, J. A. (2010). *Perilaku Tanah Lempung Tanon yang Distabilisasi Dengan Tanah Gadong dan Kapur (studi kasus kerusakan jalan desa Jono,Tanon,Sragen)*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Apriyono, A., & Sumiyanto. (2011,01 11). *Publikasi ilmiah*. Retrieved 04 17,2014,frompublikasiilmiah.ums.ac.id: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fpublikasiilmiah.ums.ac.id%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F1937%2F_10_%2520Arwan%2520Apriyono%2520-UNSOED.pdf%3Fsequence%3D1&ei=R55ZU4yHFJD
- BSNI. (03-3439-1994). *Tata Cara Pelaksanaan Stabilisasi Tanah Dengan Kapur Untuk Jalan*. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (1994). *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.