

**ANALISIS KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG LUNAK
DENGAN LIMBAH BETON SEBAGAI DRAINASE VERTIKAL**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh :

Dwita Rakhma Dani

D 100 140 077

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN
ANALISIS KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG LUNAK
DENGAN LIMBAH BETON SEBAGAI DRAINASE VERTIKAL

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

Dwita Rakhma Dani

D 100 140 077

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen

Pembimbing



Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc.

NIK. 913

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG LUNAK
DENGAN LIMBAH BETON SEBAGAI DRAINASE VERTIKAL**

Oleh :

Dwita Rakhma Dani

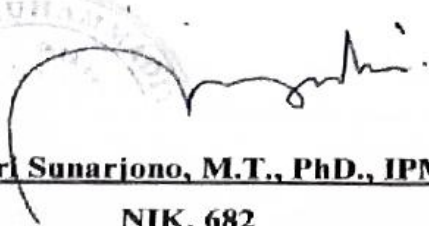
D 100 140 077

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada Hari Rabu, 11 Juli 2018**

Dewan Penguji :

- | | | |
|-------------------------------------|--------------|---------|
| 1. Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc. | (NIK. 913) | (.....) |
| (Ketua Dewan Penguji) | | |
| 2. Agus Susanto, S.T., M.T. | (NIK. 787) | (.....) |
| (Anggota I Dewan Penguji) | | |
| 3. Ir. Renaningsih, M.T. | (NIK. 733) | (.....) |
| (Anggota II Dewan penguji) | | |

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD., IPM
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Juli..... 2018

Penulis



Dwita Rakhma Dani

D 100 140 077

ANALISIS KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN LIMBAH BETON SEBAGAI DRAINASE VERTIKAL

ABSTRAK

Tanah merupakan bagian dasar dari pembangunan suatu struktur. Ada beberapa masalah yang terjadi pada konstruksi baik jalan ataupun gedung, misalnya kerusakan struktural pada bangunan akibat penurunan yang terlalu berlebihan atau akibat penurunan yang berbeda. Apabila konstruksi bangunan didirikan pada tanah tersebut maka akan terjadi kerusakan – kerusakan pada konstruksi bangunan tersebut seperti retakan pada jalan raya, jembatan, kerusakan struktur plat, kerusakan pondasi, penurunan dan lain sebagainya. Apabila tanah mengalami masalah harus dilakukan perbaikan dengan cara memperbaiki sifat-sifatnya. Upaya yang dilakukan untuk perbaikan tanah yaitu dengan menggunakan drainase vertikal, yang memanfaatkan limbah beton sebagai material isi drainase vertikal. Pada penelitian ini drainase vertikal menggunakan variasi diameter, yaitu 10 cm, 15 cm dan 20 cm. Dan pengambilan sampel dengan variasi jarak, yaitu 16.68 cm, 33.34 cm dan 50 cm. Pengujian sampel tanah sesudah pemasangan drainase vertikal dengan material limbah beton berupa pengujian konsolidasi, untuk mendapatkan nilai koefisien konsolidasi (C_v), index pemampatan (C_c) dan penurunan konsolidasi (S_c). Hasil dari penelitian menggunakan drainase vertikal material serbuk limbah beton diperoleh perubahan nilai C_v , C_c dan S_c terhadap tanah asli, pada kolom 10 cm nilai C_v 68.662%, C_c 29.892% dan S_c 26.008%. Pada kolom 15 cm nilai C_v 84.725%, C_c 44.850% dan S_c 43.952. Pada kolom 20 cm nilai C_v 93.628%, C_c 58.115% dan S_c 49.731%. Dari ketiga perbedaan diameter drainase vertikal material serbuk limbah beton dapat dilihat bahwa menggunakan diameter 20 cm lebih efektif untuk perbaikan tanah pada Desa Troketon, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten.

Kata kunci: *Konsolidasi, Limbah Beton, koefisien konsolidasi, indeks pemampatan dan penurunan konsolidasi*

ANALYSIS OF SOFT CLAY SOIL CONSOLIDATION WITH CONCRETE WASTE AS VERTICAL DRAINAGE

ABSTRACT

Soil becomes the basic part of building a structure. There are some problems that occur in the construction of roads or buildings, such as structural damage in the buildings due to excessive settlement or differential settlement. If the construction build on that soil there will be damage to the construction of the building such as cracks in roads, bridges, plate structure damage, foundation damage, settlement and other damage. If the soil has a problem it should be improved by improving its properties. A solution for soil improvement by using vertical drainage, which utilizes concrete waste as a content material for vertical drainage. In this research using variations diameter for the vertical drainage is 10 cm, 15 cm and 20 cm. And variation of distance for sampling is 16.68 cm, 33.34 cm and 50 cm. Testing of soil samples after installation of vertical drainage with concrete waste material is consolidation test, to obtain the value of coefficient of consolidation (C_v), compression index (C_c) and consolidation settlement (S_c). The result of the research using concrete waste for vertical drainage material content obtained the value of C_v , C_c and S_c against original soil, in 10 cm column the value of C_v 68.662%, C_c 29.892% and S_c 26.008%. In 15 cm column value of C_v 84.725%, C_c 44.850% and S_c 43.952. In 20 cm column value of C_v 93.628%, C_c 58.115% and S_c 49.731%. From the three differences in diameter of vertical drainage using concrete waste can be seen that using 20 cm diameter more effective for soil improvement in Troketon Village, Pedan District, Klaten District.

Keywords: *Consolidation, Concrete Waste, coefficient of consolidation, compression index and consolidation settlement*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang pada saat ini sedang gencar-gencarnya melakukan pembangunan infrastruktur. Baik pembangunan gedung, jalan raya, dan lain-lain. Keberadaan beberapa bangunan tua yang tidak digunakan lagi terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak lagi dihuni. Disisi lain, pembongkaran bangunan dan infrastruktur sipil yang terdiri dari material beton menimbulkan limbah beton. Limbah beton yang dibiarkan tanpa ada penanganan akan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan.

Tanah merupakan bagian dasar dari pembangunan suatu struktur. Ada beberapa masalah yang terjadi pada konstruksi baik jalan ataupun gedung, misalnya kerusakan struktural pada bangunan akibat penurunan yang terlalu berlebihan atau akibat penurunan yang berbeda, oleh karena itu perlu di perhatikan ketika membuat suatu konstruksi diatasnya. Apabila tanah mengalami masalah harus dilakukan perbaikan dengan cara memperbaiki sifat-sifatnya.

Di Indonesia terjadi permasalahan seperti diatas yaitu terjadi pada jalan Tol Sedyatmo, Penjaringan, Jakarta Utara yang sering kali terjadi banjir, hal tersebut mengakibatkan kerusakan infrastruktur termasuk jalan nasional di DKI Jakarta dan sekitarnya. Setelah ditinjau ternyata Jalan Tol Sedyatmo, Penjaringan, Jakarta Utara mengalami penurunan tanah. Dirjen Bina Marga menuturkan bahwa setelah lebih dari 20 tahun, kini penurunan tersebut telah lebih dari 2 meter. Jalan Tol Sedyatmo Setiap tahunnya mengalami penurunan sebesar 5 cm – 7 cm.

Dari masalah yang terjadi di atas maka harus ada yang namanya perbaikan tanah. Perbaikan tanah yang akan di aplikasikan adalah dengan menggunakan drainase vertikal. Drainase Vertikal adalah kolom-kolom berisi material yang berfungsi untuk mempercepat proses keluarnya air dalam tanah pada kedalaman yang besar. Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh Daniel E. Moran (1925). Pada penelitian ini kolom-kolom tersebut diisi dengan material limbah beton dengan gradasi butiran tertentu.

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan sampel dilakukan di dalam Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, sedangkan untuk pengujian konsolidasi di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sebelas Maret. Tahap-tahap penelitian di uraikan dibawah ini :

Yang pertama dilakukan yaitu dengan membaca studi literatur dan mempersiapkan alat dan bahan yang diantaranya terdiri dari tanah, limbah beton, pasir dan kotak pengujian.

Yang kedua yaitu percobaan yang dilakukan adalah konsolidasi tanah lempung lunak menggunakan drainase vertikal limbah beton. Selanjutnya yaitu mempersiapkan kotak uji lalu masukkan pasir sampai ketinggian 5 cm dari bagian dasar kotak uji yang berfungsi sebagai drainase horizontal, setelah itu memasang cetakan drainase vertikal limbah beton yang diameter 10 cm pada bagian tepi kiri kanan kotak uji. Kemudian masukan sampel tanah yang tanah tersebut lolos saringan no.4 hingga tinggi tanah 20 cm, tanah dimasukkan kedalam kotak uji secara berlapis sebanyak tiga lapisan, masing-masing lapisan diberikan pukulan menggunakan *hammer* untuk *standard proctor* dengan tinggi jatuh 305 mm sebanyak 25 per lapis. Kemudian sampel direndam air yang bisa disebut sebagai fase penjenuhan, fase tersebut dilakukan selama 96 jam. Setelah direndam selama 96 jam air dikeluarkan dari kotak uji dengan cara membuka kran yang berada dibagian kanan dan kiri kotak uji sebanyak empat kran, selanjutnya tunggu selama 24 jam (satu hari). Selanjutnya cetakan drainase vertikal limbah beton di lepas atau dikeluarkan dari kotak uji yang selanjutnya isi lubang drainase vertikal limbah beton dengan limbah beton yang sudah disiapkan sebelum pengujian dimulai. Selanjutnya pada bagian atas diberi pasir diatas tanah pada kotak uji dengan sampai ketinggian 5 cm sebagai drainase horizontal. Selanjutnya meletakkan *plywood* dan beban merata (yang berfungsi sebagai beban agar air terdorong keluar dari pori-pori tanah melalui drainase vertikal limbah beton) sebesar $0,0125 \text{ kg/cm}^2$. Kemudian dibiarkan selama 96 jam. Setelah itu beban merata sebesar $0,0125 \text{ kg/cm}^2$ diambil, selanjutnya dapat dibuat sampel benda uji konsolidasi sebanyak 5 sampel, yaitu 5 sampel dari jarak 16,68 cm, 33,34 cm, dan 50 cm (dari as drainase vertikal limbah beton) pada bagian tepi kiri kanan kotak uji untuk dilakukan pengujian konsolidasi. Untuk drainase vertikal limbah beton berdiameter 15 cm dan 20 cm, tahapan yang dilakukan sama dengan tahapan drainase vertikal limbah beton 10 cm.

Yang ketiga akan dilakukan pengujian konsolidasi tanah lempung lunak terhadap 5 sampel. Pengujian konsolidasi dilakuakn selama 3×24 jam dengan pembacaan waktu yang sudah ditentukan sebelumnya.

Yang keempat yaitu tahapan pengolahan data hasil pengujian yang telah dilakukan pada tahapan II dan tahapan III guna memperoleh kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Uji Sifat Fisis

Uji sifat fisis pada penelitian ini yaitu uji berat jenis pada tanah sesudah dilakukan pemasangan drainase vertikal dengan jarak pengambilan sampel dari kiri dan kanan drainase vertikal, yaitu 50 cm; 33,34 cm; dan 16,68 cm dan menggunakan variasi diameter 20 cm, 15 cm, dan 10 cm yang berisi material limbah beton.

Tabel 1. Nilai Berat Jenis Tanah (Gs) setelah pemasangan Drainase Vertikal

Limbah Beton Diameter 10 cm

Pengujian	Tanpa Kolom	Jarak Pengambilan Sampel (cm)				
		16.68 ka	16.68 ki	33.34 ka	33.34 ki	50
Gs	2.778	2.495	2.495	2.546	2.537	2.626
Rata-rata	2.778	2.495		2.542		2.626

Tabel 2. Nilai Berat Jenis Tanah (Gs) setelah pemasangan Drainase Vertikal

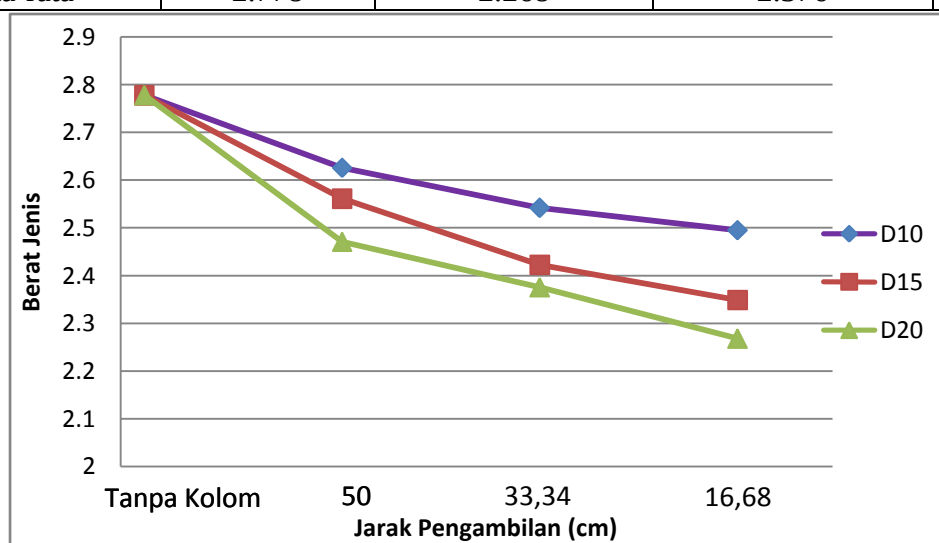
Limbah Beton Diameter 15 cm

Pengujian	Tanpa Kolom	Jarak Pengambilan Sampel (cm)				
		16.68 ka	16.68 ki	33.34 ka	33.34 ki	50
Gs	2.778	2.322	2.376	2.399	2.446	2.561
Rata-rata	2.778	2.349		2.423		2.561

Tabel 3. Nilai Berat Jenis Tanah (Gs) setelah pemasangan Drainase Vertikal

Limbah Beton Diameter 20 cm

Pengujian	Tanpa Kolom	Jarak Pengambilan Sampel (cm)				
		16.68 ka	16.68 ki	33.34 ka	33.34 ki	50
Gs	2.778	2.268	2.268	2.375	2.376	2.471
Rata-rata	2.778	2.268		2.376		2.471



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Berat Jenis (Gs) antara diameter drainase vertikal 10 cm, 15 cm, dan 20 cm

Pada penelitian sebelumnya Solekan (2017) nilai G_s limbah beton rata-rata 2,750 lebih kecil dari pada tanah lempung yaitu 2,778, hal ini disebabkan adanya infiltrasi karena butiran serbuk limbah beton masuk kedalam tanah sehingga berat jenis tanah mengalami penurunan. Penurunan nilai berat jenis dimulai dari drainase vertikal limbah beton jarak 50 cm, 33,34 cm, sampai jarak yang paling dekat dari kolom yaitu 16,68 cm. Penurunan tersebut terjadi setelah dilakukan pemasangan drainase vertikal dengan material limbah beton, berat jenis paling kecil terjadi pada kolom diameter 20 cm. Dan semakin besar diameter kolom yang digunakan maka semakin kecil nilai G_s nya. Semakin jauh jarak pengambilan sampel dari kolom drainase vertikal limbah beton maka semakin besar nilai G_s nya.

1.2 Uji Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sampel tanah sesudah pemasangan drainase vertikal dengan material limbah beton berupa pengujian konsolidasi, untuk mendapatkan *coefficient of consolidation* (C_v), *compression index* (C_c) dan *consolidation settlement* (S_c). Untuk mengetahui perubahan yang terjadi antara tanah tanpa drainase vertikal dengan tanah setelah dilakukan pemasangan drainase vertikal dengan material limbah beton dengan variasi diameter drainase vertikal yang telah dilakukan.

1. *Coefficient of Consolidation* (C_v)

Nilai koefisien konsolidasi (C_v) dari tanah sesudah dilakukan pemasangan drainase vertikal dengan material limbah beton diameter kolom 10 cm, 15 cm dan 20 cm dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Nilai Koefisien Konsolidasi (C_v) pada tanah dengan Drainase Vertikal Limbah Beton Diameter 10 cm

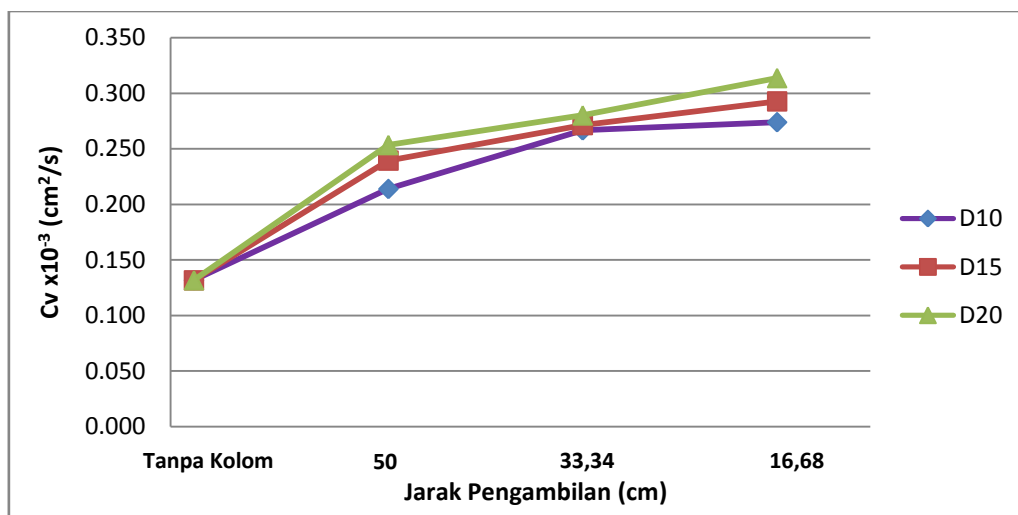
Jarak (cm)	$P = 0.04 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0.07 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0.11 \text{ kg/cm}^2$		
	$C_v_{\text{kanan}} (\text{cm}^2/\text{s})$	$C_v_{\text{kiri}} (\text{cm}^2/\text{s})$	Rata-rata	$C_v_{\text{kanan}} (\text{cm}^2/\text{s})$	$C_v_{\text{kiri}} (\text{cm}^2/\text{s})$	Rata-rata	$C_v_{\text{kanan}} (\text{cm}^2/\text{s})$	$C_v_{\text{kiri}} (\text{cm}^2/\text{s})$	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.000132		0.000132	0.000115		0.000115	0.000090		0.000090
50	0.000214		0.000214	0.000175		0.000175	0.000159		0.000159
33.34	0.000262	0.000272	0.000267	0.000170	0.000190	0.000180	0.000168	0.000156	0.000162
16.68	0.000294	0.000254	0.000274	0.000258	0.000196	0.000227	0.000201	0.000179	0.000190

Tabel 5. Nilai Koefisien Konsolidasi (C_v) pada tanah dengan Drainase Vertikal
Limbah Beton Diameter 15 cm

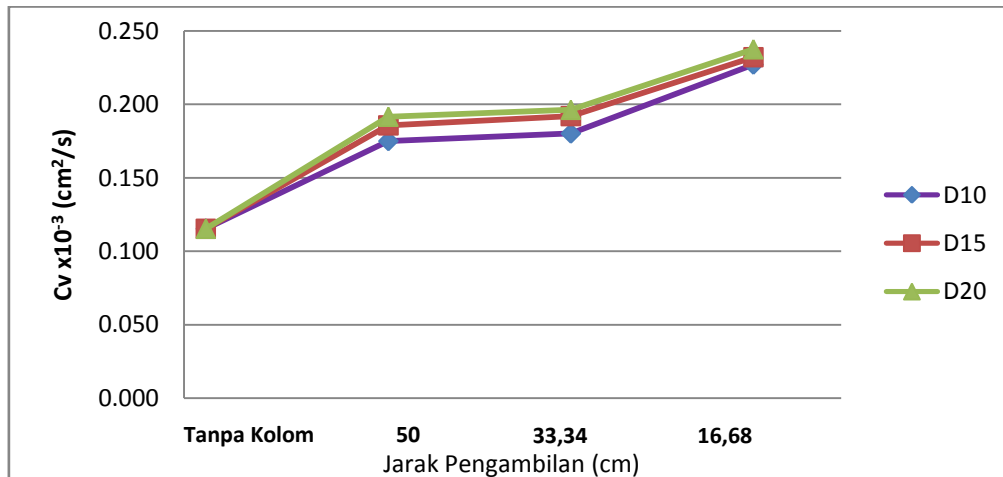
Jarak (cm)	$P = 0.04 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0.07 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0.11 \text{ kg/cm}^2$		
	C_v kanan (cm^2/s)	C_v kiri (cm^2/s)	Rata-rata	C_v kanan (cm^2/s)	C_v kiri (cm^2/s)	Rata-rata	C_v kanan (cm^2/s)	C_v kiri (cm^2/s)	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.000132		0.000132	0.000115		0.000115	0.000090		0.000090
50	0.000239		0.000239	0.000186		0.000186	0.000161		0.000161
33.34	0.000289	0.000254	0.000271	0.000191	0.000193	0.000192	0.000163	0.000164	0.000163
16.68	0.000309	0.000276	0.000293	0.000227	0.000237	0.000232	0.000194	0.000191	0.000192

Tabel 6. Nilai Koefisien Konsolidasi (C_v) pada tanah dengan Drainase Vertikal
Limbah Beton Diameter 20 cm

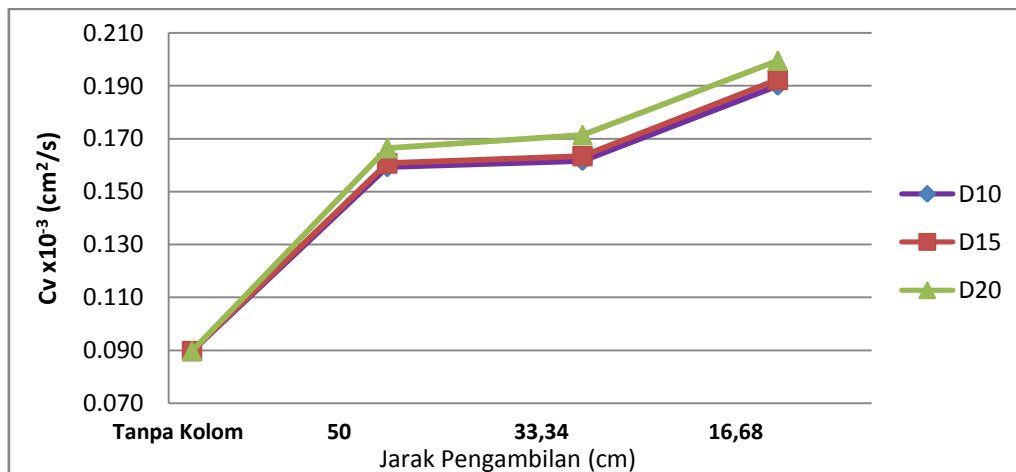
Jarak (cm)	$P = 0.04 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0.07 \text{ kg/cm}^2$			$P = 0.11 \text{ kg/cm}^2$		
	C_v kanan (cm^2/s)	C_v kiri (cm^2/s)	Rata-rata	C_v kanan (cm^2/s)	C_v kiri (cm^2/s)	Rata-rata	C_v kanan (cm^2/s)	C_v kiri (cm^2/s)	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.000132		0.000132	0.000115		0.000115	0.000090		0.000090
50	0.000253		0.000253	0.000192		0.000192	0.000166		0.000166
33.34	0.000289	0.000271	0.000280	0.000200	0.000193	0.000196	0.000176	0.000166	0.000171
16.68	0.000319	0.000308	0.000314	0.000221	0.000254	0.000238	0.000195	0.000204	0.000200



Gambar 2. Grafik Perbandingan nilai C_v pada $P=0.04 \text{ kg/cm}^2$ antara diameter 10cm, 15cm dan 20 cm



Gambar 3. Grafik Perbandingan nilai C_v pada $P=0.07 \text{ kg/cm}^2$ antara diameter 10cm, 15cm dan 20 cm



Gambar 4. Grafik Perbandingan nilai C_v pada $P=0.11 \text{ kg/cm}^2$ antara diameter 10cm, 15cm dan 20 cm

Dari Gambar 2, 3, 4, terlihat bahwa semakin besar dimensi drainase vertikal dan semakin dekat dengan drainase vertikal maka nilai koefisien konsolidasi semakin besar. Tanah menjadi lebih kering hal ini disebabkan air pada tanah terserap oleh serbuk limbah beton. Ini bisa di artikan bahwa proses konsolidasi membutuhkan waktu yang relatif jauh lebih cepat.

Nilai C_v tanah asli pada $P=0,04 \text{ kg/cm}^2$ sebesar 0.000132, $P = 0,07 \text{ kg/cm}^2$ sebesar 0.000115, dan pada $P = 0,11 \text{ kg/cm}^2$ sebesar 0.000090. Pada Tabel 7, 8 dan 9 dapat dilihat perbedaan nilai C_v antara tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton dengan tanah sebelum dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton.

Tabel 7. Perbedaan nilai Cv pada tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 10 cm

Jarak (cm)	Perbedaan nilai Cv					
	P = 0.04 kg/cm ²		P = 0.07 kg/cm ²		P = 0.11 kg/cm ²	
	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)
50	0.000082	62.24	0.000060	51.72	0.000070	77.51
33.34	0.000135	102.22	0.000065	56.15	0.000072	80.10
16.68	0.000142	107.76	0.000112	96.83	0.000100	111.80

Tabel 8. Perbedaan nilai Cv pada tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 15 cm

Jarak (cm)	Perbedaan nilai Cv					
	P = 0.04 kg/cm ²		P = 0.07 kg/cm ²		P = 0.11 kg/cm ²	
	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)
50	0.000108	81.59	0.000070	61.01	0.000071	79.12
33.34	0.000140	105.87	0.000077	66.44	0.000074	82.14
16.68	0.000161	122.01	0.000117	101.25	0.000103	114.33

Tabel 9. Perbedaan nilai Cv pada tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 20 cm

Jarak (cm)	Perbedaan nilai Cv					
	P = 0.04 kg/cm ²		P = 0.07 kg/cm ²		P = 0.11 kg/cm ²	
	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)	Perbedaan Cv (cm ² /s)	Persentase (%)
50	0.000122	92.22	0.000076	66.19	0.000077	85.45
33.34	0.000148	112.44	0.000081	70.26	0.000082	91.01
16.68	0.000182	137.87	0.000122	106.01	0.000110	122.32

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar kolom maka semakin besar pula nilai C Hasil persentase perbedaan nilai Cv tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya drainase vertikal dengan material limbah beton terhadap tanah yang tidak dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton.

2. Indeks Pemampatan (Cc)

Nilai indeks pemampatan (Cc) yang diperoleh dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 10, 11 dan 12.

Tabel 10. Nilai indeks pemampatan (Cc) pada tanah dengan Drainase Vertikal Limbah
Beton Diameter 10 cm

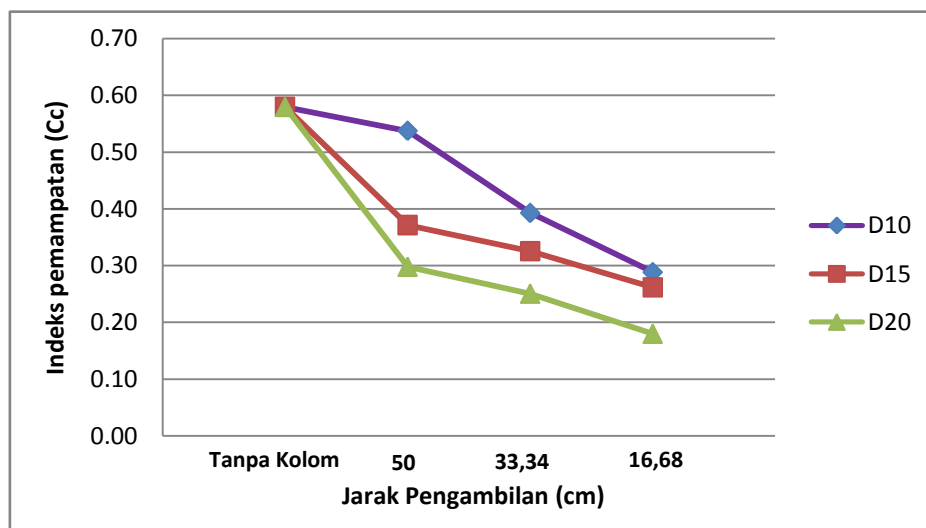
Jarak (cm)	Cc kanan	Cc kiri	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.580		0.580
50	0.537		0.537
33.34	0.379	0.407	0.393
16.68	0.295	0.282	0.289

Tabel 11. Nilai indeks pemampatan (Cc) pada tanah dengan Drainase Vertikal Limbah
Beton Diameter 15 cm

Jarak (cm)	Cc kanan	Cc kiri	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.580		0.580
50	0.371		0.371
33.34	0.331	0.320	0.325
16.68	0.276	0.248	0.262

Tabel 12. Nilai indeks pemampatan (Cc) pada tanah dengan Drainase Vertikal Limbah
Beton Diameter 20 cm

Jarak (cm)	Cc kanan	Cc kiri	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.580		0.580
50	0.298		0.298
33.34	0.254	0.247	0.251
16.68	0.178	0.182	0.180



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai indeks pemampatan (Cc) antara diameter 10 cm, 15cm dan 20 cm

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin mendekati drainase vertikal dan semakin besar dimensi drainase vertikal maka proses konsolidasi semakin cepat. Hal ini mengakibatkan proses pemampatan tanah menjadi kecil sehingga nilai C_c nya juga mengecil.

Untuk mengetahui besarnya perbedaan C_c antara tanah sesudah dipasang drainase vertikal menggunakan material limbah beton dengan tanah sebelum dipasang drainase vertikal dapat dilihat pada Tabel 13, 14 dan 15.

Tabel 13. Perbedaan nilai C_c pada tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 10 cm

Jarak (cm)	Perbedaan nilai C_c	Persentase (%)
50	0.042	7.266
33.34	0.187	32.209
16.68	0.291	50.202

Tabel 14. Perbedaan nilai C_c pada tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 15 cm

Jarak (cm)	Perbedaan nilai C_c	Persentase (%)
50	0.208	35.904
33.34	0.254	43.839
16.68	0.318	54.808

Tabel 15. Perbedaan nilai C_c pada tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 20 cm

Jarak (cm)	Perbedaan nilai C_c	Persentase (%)
50	0.282	48.605
33.34	0.329	56.772
16.68	0.400	68.968

Tabel 16. Perbedaan persentase nilai C_c tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 10 cm, 15 cm dan 20 cm terhadap tanah asli

Kolom	Jarak (cm)			Persen rata-rata (%)
	50	33.34	16.68	
Kolom serbuk limbah beton diameter 10	7.266	32.209	50.202	29.892
Kolom serbuk limbah beton diameter 15	35.904	43.839	54.808	44.850
Kolom serbuk limbah beton diameter 20	48.605	56.772	68.968	58.115

Dari Tabel 16, Indeks pemampatan terbesar terjadi pada drainase vertikal diameter 20 cm mencapai 58.115 %. Ini artinya dengan menggunakan diameter 20 cm lebih baik dibandingkan diameter 10 cm dan 15 cm.

3. Penurunan Konsolidasi (Sc)

Pada Tabel 17, Tabel 18, dan Tabel 19 dapat dilihat nilai penurunan konsolidasi (Sc) yang diperoleh dari penelitian.

Tabel 17. Nilai penurunan konsolidasi (Sc) menggunakan drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 10 cm

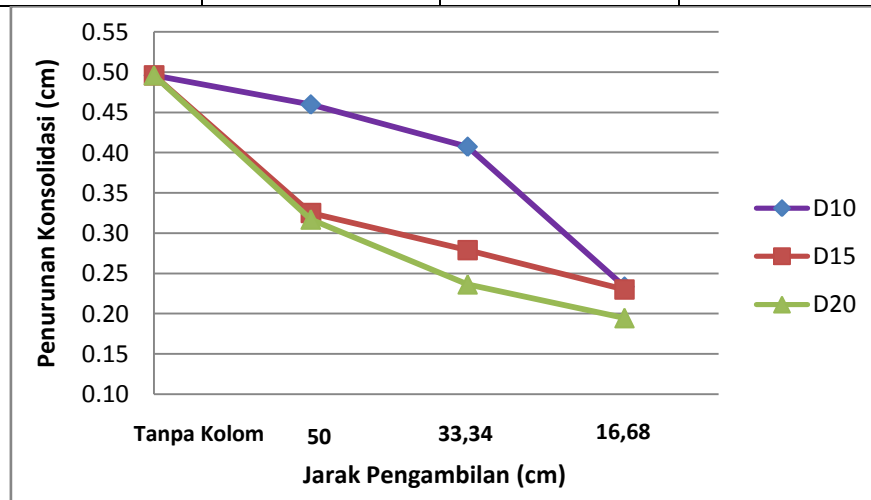
Jarak (cm)	Sc kanan	Sc kiri	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.496		0.496
50	0.460		0.460
33.34	0.410	0.405	0.408
16.68	0.235	0.232	0.234

Tabel 18. Nilai penurunan konsolidasi (Sc) menggunakan drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 15 cm

Jarak (cm)	Sc kanan	Sc kiri	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.496		0.496
50	0.325		0.325
33.34	0.281	0.277	0.279
16.68	0.231	0.229	0.230

Tabel 19. Nilai penurunan konsolidasi (Sc) menggunakan drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 20 cm

Jarak (cm)	Sc kanan	Sc kiri	Rata-rata
Tanpa Kolom	0.496		0.496
50	0.317		0.317
33.34	0.233	0.240	0.237
16.68	0.193	0.196	0.195



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai penurunan konsolidasi (Sc) antara diameter 10 cm, 15 cm dan 20 cm

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin dekat dengan drainase vertikal dan semakin besar dimensi drainase vertikal nilainya semakin kecil. ini artinya proses konsolidasi menjadi lebih cepat dan tanah menjadi kering, hal ini menyebabkan proses penurunan konsolidasi semakin berkurang.

Pada Tabel 20, 21, 22 dan 23 dapat dilihat besarnya perbedaan Sc dan persentase Sc antara tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton dengan tanah sebelum dipasang drainase vertikal.

Tabel 20. Perbedaan persentase nilai Sc tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 10 cm terhadap tanah tanpa drainase vertikal

Variasi Jarak (cm)	Perbedaan nilai Sc	Persentase (%)
50	0.036	7.258
33.34	0.088	17.843
16.68	0.263	52.923

Tabel 21. Perbedaan persentase nilai Sc tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 15 cm terhadap tanah tanpa drainase vertikal

Variasi Jarak (cm)	Perbedaan nilai Sc	Persentase (%)
50	0.171	34.476
33.34	0.217	43.750
16.68	0.266	53.629

Tabel 22. Perbedaan persentase nilai Sc tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 20 cm terhadap tanah tanpa drainase vertikal

Variasi Jarak (cm)	Perbedaan nilai Sc	Persentase (%)
50	0.179	36.089
33.34	0.260	52.319
16.68	0.302	60.786

Tabel 23. Perbedaan persentase nilai Sc tanah sesudah dipasang drainase vertikal dengan material limbah beton diameter 10 cm , 15 cm, dan 20 cm terhadap tanah tanpa drainase vertikal

Kolom	Jarak (cm)			Persen rata-rata (%)
	50	33.34	16.68	
Kolom serbuk limbah beton diameter 10	7.258	17.843	52.923	26.008
Kolom serbuk limbah beton diameter 15	34.476	43.750	53.629	43.952
Kolom serbuk limbah beton diameter 20	36.089	52.319	60.786	49.731

Pada Tabel 23 Hasil terbesar terjadi pada drainase vertikal diameter 20 cm mencapai 49,731 %. Ini artinya dengan menggunakan diameter 20 cm lebih baik dibandingkan diameter 10 cm dan 15 cm.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data penelitian dan pembahasan, rumusan masalah tersebut, yaitu :

1. Material serbuk limbah beton dapat mempercepat konsolidasi. Hal tersebut dapat dilihat dari perubahan nilai C_v yang diperoleh sesudah pemasangan drainase vertikal menggunakan material limbah beton. Dengan variasi pengambilan sampel dan variasi diameter kolom yang digunakan, dapat dilihat bahwa semakin dekat jarak dan semakin besar diameter kolom yang digunakan maka semakin besar nilai C . Dari penelitian yang dilakukan nilai C_v terbesar pada diameter kolom 20 cm dengan jarak 16,68 cm, dengan presentase terbesar 98.196% terhadap nilai C_v tanpa kolom.
2. Dari hasil penelitian nilai C_c cenderung turun pada jarak terdekat dari kolom dan diameter kolom terbesar. Sehingga semakin dekat jarak dan semakin besar diameter kolom yang digunakan maka semakin kecil nilai C_c . Presentase terbesar pada kolom 20 cm, yaitu 58.115% terhadap nilai C_c tanpa kolom.
3. Besarnya nilai S_c setelah pemasangan drainase vertikal menggunakan kolom material limbah beton menunjukkan hasil yang lebih kecil dari nilai S_c tanah tanpa drainase vertikal. Nilai S_c cenderung turun pada jarak yang dekat dan diameter kolom terbesar. Sehingga semakin dekat jarak dan semakin besar diameter kolom yang digunakan maka semakin kecil nilai S_c . Presentase terbesar pada kolom 20 cm, yaitu 49.731% terhadap nilai S_c tanpa kolom.

4.2 Saran

Berdasarkan masalah-masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Alat-alat di laboratorium UMS perlu perawatan dan pembaharuan sehingga menghasilkan data yang lebih akurat.
2. Dalam pembacaan pada saat penelitian harus teliti, supaya hasil yang diperoleh maksimal.
3. Untuk penelitian berikutnya dapat dikembangkan lagi dengan variasi bahan material kolom atau diameter kolom.

4. Lebih baik laboratorium UMS dapat menambahkan jumlah alat konsolidometer supaya mahasiswa tidak lagi menguji ke Universitas lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Buku Ajar Mekanika Tanah Teknik Sipil UMS.
Anonim, Buku Ajar Mekanika Tanah Lanjut Teknik Sipil UMS.
ASTM. 1981, *Annual Book of ASTM*, USA.
Bowles, J. E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : Erlangga.
Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
Listyawan, dkk. 2017. *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Surakarta: Muhammadiyah University.
Merdhiyanto, P. (2015). *Sand-Lime Coloumn Stabilization On The Consolidation of Soft Clay Soil*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
Solekan. 2017. *Penggunaan Limbah Beton Sebagai Bahan Perbaikan Tanah Lempung Terhadap Parameter Kuat Geser*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1993). Mekanika Tanah dalam Rekayasa. In *Mekanika Tanah dalam Rekayasa*. Jakarta:Erlangga.
Wijayanto, D.B. 2015. *Pengaruh Variasi Diameter Kolom Campuran Pasir Kapur Terhadap Konsolidasi Tanah Lempung Lunak*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.