

Studi Analisis Penurunan Tanah Lempung Lunak dan Tanah Lempung Organik Menggunakan Pemodelan Matras Beton Bambu

Nawawi¹⁾
Lusmeilia Afriani²⁾
Iswan³⁾

Abstract

The strength of infrastructure buildings is influenced by the type of soil underneath. One type of land that is widely found in the land in the province of Lampung is fine-grained soil. The fine grained soil is meant soft clay and organic clay. Construction of the above clay will experience significant land subsidence constraints when given the loading. The load that causes the pore water pressure increases so that the pore water out and soil decreases consolidatively. Therefore, it is necessary to study soil degradation using box test and bamboo concrete mats as a means of land degradation.

The result of clay decline testing using boks modeling and bamboo concrete mat, soft clay experience faster rate of process of decline (Cv) than organic clay. The magnitude of soft clay (Cc) decline is less than that of organic clay. Soft clay volumes are also changing volume (Mv) faster than organic clay. Coeficient of compression(av) of soft clay is also faster than organic clay. The total decline in total soil over a 20 year period on soft clay is smaller than that of organic clay.

Keywords : Clay, Test Box, Bamboo Concrete Mattress, Soil Consolidation

Abstrak

Kekuatan bangunan infrastruktur dipengaruhi oleh jenis tanah di bawahnya. Salah satu jenis tanah yang banyak terdapat pada lahan di provinsi Lampung yaitu tanah berbutir halus. Tanah berbutir halus yang dimaksud ialah tanah lempung lunak dan tanah lempung organik. Pembangunan kontruksi diatas tanah lempung akan mengalami kendala penurunan tanah yang signifikan ketika diberi pembebanan. Beban yang menyebabkan tekanan air pori naik sehingga air pori keluar dan tanah mengalami penurunan secara konsolidasi. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian penurunan tanah yang menggunakan Kotak Uji dan matras beton bambu sebagai alat penurunan tanahnya.

Hasil pengujian penurunan tanah lempung yang menggunakan pemodelan Kotak Uji dan matras beton bambu, tanah lempung lunak mengalami kecepatan proses penurunan (Cv) lebih cepat dibandingkan tanah lempung organik. Besaran penurunan (Cc) tanah lempung lunak lebih kecil dibandingkan tanah lempung organik. Tanah lempung lunak juga mengalami perubahan volume (Mv) yang lebih cepat dibandingkan tanah lempung organik. Kemampumampatan (av) tanah lempung lunak juga lebih cepat dibandingkan tanah lempung organik. Besar penurunan total tanah pada kurun waktu 20 tahun pada tanah lempung lunak lebih kecil dibandingkan tanah lempung organik.

Kata kunci : Tanah Lempung, Kotak Uji, Matras Beton Bambu, Penurunan Tanah

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: nawawicivil@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: lusmeilia.afriani@yahoo.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: one_iswan@ymail.com

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan penduduk dan pembangunan infrastruktur, kebutuhan akan lahan menjadi semakin meningkat, tak terkecuali di provinsi Lampung. Kekuatan bangunan infrastruktur dipengaruhi oleh jenis tanah di bawahnya. Salah satu jenis tanah yang banyak terdapat pada lahan di provinsi Lampung yaitu tanah berbutir halus. Tanah berbutir halus yang dimaksud ialah tanah lempung lunak dan tanah lempung organik. Tanah yang sebagian besar berupa lempung lunak dan lempung organik ini juga digunakan untuk membangun gedung maupun jalan.

Tanah lempung lunak dan tanah lempung organik merupakan dua jenis tanah yang berbeda berdasarkan proses terbentuknya. Tanah lempung lunak merupakan hasil dari pelapukan batuan, sedangkan tanah lempung organik terbentuk akibat pelapukan zat-zat organik. Di sisi lain tanah lempung dan tanah lempung organik juga memiliki beberapa kesamaan diantaranya kadar air yang tinggi dan ukuran butiran yang halus. Kadar air yang tinggi membuat butiran yang halus tersebut dapat memisah dengan mudah sehingga tanah dapat bergeser dan merusak struktur bangunan yang ada di atasnya.

Keadaan ini terlihat sangat jelas pada konstruksi jalan *hotmix*, dimana permukaan menjadi bergelombang dan retak. Air yang terkandung dalam tanah keluar dan menyebar bersama tanah butiran halus yang tidak solid karena mendapat tekanan dari beban yang melintas sehingga jalan menjadi terkelupas dan berlubang.

Penyebaran butiran halus tersebut dapat dicegah salah satunya dengan suatu lapisan struktur yang solid dan merata. Lapisan struktur tersebut juga dapat meneruskan tegangan ke bawah tanah secara merata. Berdasarkan solusi tersebut, maka dibutuhkan suatu model sebagai suatu pendekatan dengan kondisi di lapangan. Dengan sampel yang relatif sedikit, penurunan tanah dapat diketahui dan menjadi pertimbangan dalam pelaksanaan konstruksi pada kondisi tanah tersebut.

Suatu cara untuk memperbaiki tanah seperti diatas biasa disebut perkuatan tanah. Lapisan struktur yang dimaksud adalah matras beton dengan tulangan berupa anyaman kulit bambu. Matras beton tersebut nantinya akan diberi beban awal (*preloading*) dengan periode tertentu yang dapat mengubah struktur tanah menjadi lebih padat dan lebih stabil.

Material sampel tanah lempung lunak dan tanah lempung organik akan diuji secara terpisah. Sampel tanah akan dimasukkan ke dalam kotak yang terbuat dari pelat baja dan disisipkan potongan kaca transparan yang telah diberi garis ukur untuk mengetahui besarnya penurunan tanah akibat beban awal (*preloading*) secara periodik. Matras beton diletakkan di atas tanah yang akan menyebarkan beban secara merata di permukaan tanah. Besar penurunan tanah akan dianalisa sehingga didapat penurunan total dan waktu terjadinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi dan Peck, 1987).

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 1992).

Klasifikasi tanah juga berfungsi untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1991).

Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1995).

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, sampel tanah yang diambil berasal dari Desa Belimbing Sari dan Desa Beteng Sari, kabupaten Lampung Timur, provinsi Lampung, dengan titik koordinat lintang ($-5^{\circ} 71' 84,26''$) dan bujur ($105^{\circ} 39' 10,73''$). Lokasi pengambilan sampel dipilih pada daerah sekitar persawahan yang jauh dari pemukiman penduduk. Tanah yang akan diuji berupa tanah lempung lunak dan lempung organik.

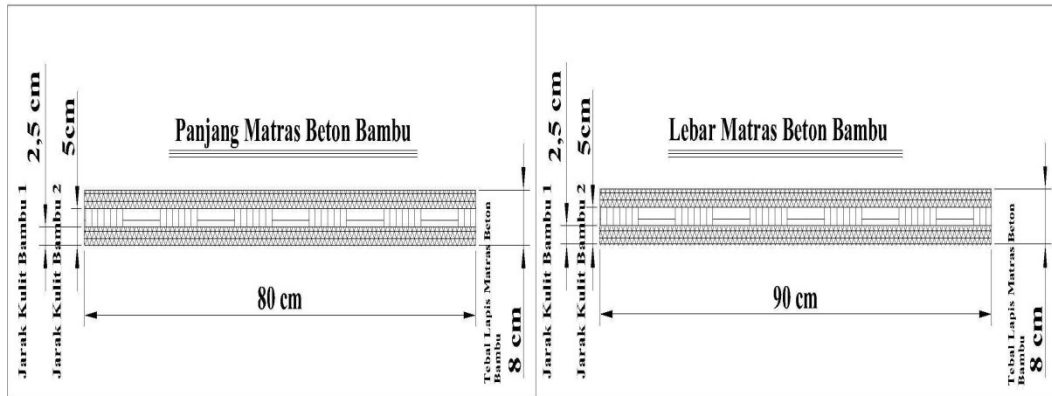
Pelaksanaan dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung. Pengujian yang akan dilakukan terbagi menjadi 3 bagian yaitu : 1. Sifat-sifat fisik tanah asli, 2. Pembuatan matras beton bambu dengan tebal 8 cm dan 80 x 90 cm, 3. Pengujian penurunan tanah yang telah diberi pembebanan.

Pengujian sifat fisik tanah asli meliputi sebagai berikut : Uji berat jenis, Uji kadar air, Uji batas *atterberg*, Uji Analisa Saringan, Uji Berat Volume, Uji Hidrometer, Uji Konsolidasi

Penelitian yang dilakukan dalam pemodelan Kotak uji berupa kotak baja dan matras beton bambu berupa : Kotak Baja yang dilapisi Kaca, kotak ini dibuat berbentuk persegi empat dengan ukuran 80 cm x 90 cm x 100 cm bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Dempul dan Tinner, lem kaca, plat baja pada tebal 1 dan 0,5 (mm), besi hollow pada tebal dimensi penampang 20x40 (mm), cat hijau, karet kaca, kaca dengan tebal 12 mm, meteran.



Gambar 1. Bentuk Kotak Uji Penurunan Tanah



Gambar 2. Sketsa Ukuran dan Bentuk Matras Beton Bambu

Pembuatan matras beton bambu yaitu berdiameter 80 x 90 100 x 8 cm. Di bawah ini adalah gambar beton bambu yang dicetak dengan mutu beton k-225 dengan tulangan berupa anyaman kulit bambu dan menunggu sampai jadi $\pm$ 28 hari, agar tercapai kuat optimal dan bisa digunakan untuk penelitian penurunan tanah.



Gambar 3. Matras beton bambu

Tanah dimasukkan kedalam Kotak pengujian dan dilakukan penjenuhan selama 1 hari.



Gambar 4. Penjenuhan tanah yang akan diuji



Gambar 5. Pemasangan matras beton bambu pada Kotak uji

Melakukan Pembebanan yang dilakukan dengan beban bertahap yaitu : $0,2 \text{ kg/cm}^2$; $0,3 \text{ kg/cm}^2$; $0,4 \text{ kg/cm}^2$; $0,5 \text{ kg/cm}^2$. Penambahan beban dan waktu pembebanan sama dengan prosedur uji konsolidasi laboratorium namun alat penurunannya menggunakan *strain gage*.



Gambar 6. Pengujian pembebanan

Mencatat hasil penurunan lalu melakukan prosedur yang sama untuk menguji tanah lempung organik.



Gambar 7. Pengujian pembebanan

Semua data dari penelitian ini akan diuraikan dalam bentuk tabel dan grafik serta akan ditinjau kembali dan akan dibandingkan dengan rumus-rumus yang berlaku serta akan dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian utama

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dari tanah agar dapat menentukan klasifikasi serta sifat – sifat dari tanah yang akan digunakan. Pengujian sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Dari hasil pengujian sifat fisik tanah didapatkan nilai-nilai berikut :

Tabel 1. Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung (*Clay*)

NO.	DESKRIPSI		HASIL TES	
			BELIMBING SARI	BETENG SARI
1	Kadar Air	%	64,48	183,18
2	Berat Volume	gr/cm ³	1,558	1,153
3	Berat Jenis (Gs)		2,540	2,153
4	Percent Lose No. 200	%	82,77	48,33
5	Batas Atterberg			
	LL	%	82,25	183,90
	PL	%	57,93	154,83
	PI	%	24,32	29,07
6	Uji Geser Langsung			
	Kohesi (c)	kg/cm ²	0,080	0,048
	Sudut Geser Dalam	... ⁰	25,7	17,8

Dari hasil uji kadar air dapat diambil nilai rata-rata dari tanah tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kadar air sampel yang diambil di Desa Belimbing Sari, Kecamatan Jabung Lampung Timur sebesar 64,48%, sedangkan dari sampel Desa Beteng Sari kadar airnya sebesar 183,18% Dari hasil tersebut kadar air nya cukup tinggi, biasanya kadar airnya lebih besar dari 100% adalah jenis tanah organik.

Uji berat volume adalah uji yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat tanah dan volume tanah. berat volume tanah belimbing sari sebesar 1,558 gr/cm³ dan nilai berat volume tanah beteng sari sebesar 1,153 gr/cm³. Dari pengujian berat jenis didapatkan nilai-nilai sebagai berikut, untuk Desa Belimbing Sari 2,540 dan untuk Desa Beteng Sari 2,153 angka ini menunjukkan bahwa tanah tersebut adalah tanah lempung $\leq 2,68-2,75$.

berdasarkan nilai persentase butiran lolos saringan No. 200 sebesar 82,77 % (lebih besar dari 50%), maka berdasarkan tabel klasifikasi tanah USCS, sampel tanah yang diambil dari Desa Belimbing Sari dan Beteng Sari, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur secara umum dikategorikan pada golongan tanah berbutir halus (lempung).

B. Hasil Pengujian Konsolidasi

Hasil Penurunan tanah pada uji konsolidasi laboratorium dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Hasil uji Konsolidasi Pada Uji Laboratorium

waktu	Lempung Lunak				Lempung Organik			
	0,2 kg	0,3 kg	0,4 kg	0,5 kg	0,2 kg	0,3 kg	0,4 kg	0,5 kg
0	0	0,271	0,479	0,881	0	0,445	0,808	1,464
0,09	0,148	0,388	0,700	1,246	0,251	0,657	1,174	2,074
0,25	0,159	0,399	0,727	1,258	0,275	0,668	1,207	2,089
0,49	0,170	0,406	0,741	1,275	0,286	0,680	1,230	2,115
1	0,180	0,412	0,750	1,289	0,300	0,689	1,246	2,140
2,25	0,188	0,421	0,766	1,309	0,314	0,703	1,272	2,173
4	0,198	0,427	0,778	1,326	0,332	0,715	1,294	2,204
6,25	0,209	0,435	0,789	1,344	0,347	0,726	1,311	2,230
9	0,218	0,440	0,800	1,357	0,363	0,735	1,326	2,252
12,25	0,229	0,445	0,809	1,367	0,379	0,744	1,342	2,264
16	0,237	0,449	0,816	1,376	0,394	0,752	1,354	2,283
20,25	0,243	0,454	0,824	1,384	0,405	0,759	1,367	2,298
25	0,249	0,459	0,83	1,395	0,413	0,766	1,380	2,312
36	0,257	0,466	0,844	1,408	0,426	0,779	1,403	2,335
49	0,261	0,470	0,858	1,423	0,430	0,787	1,424	2,358
64	0,265	0,475	0,871	1,434	0,434	0,799	1,442	2,370
1440	0,271	0,479	0,881	1,448	0,445	0,808	1,464	2,401

Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi tanah didapatkan hasil C_v , C_c , a_v dan M_v pada masing-masing sampel lempung lunak dan lempung organik dapat dilihat pada tabel.

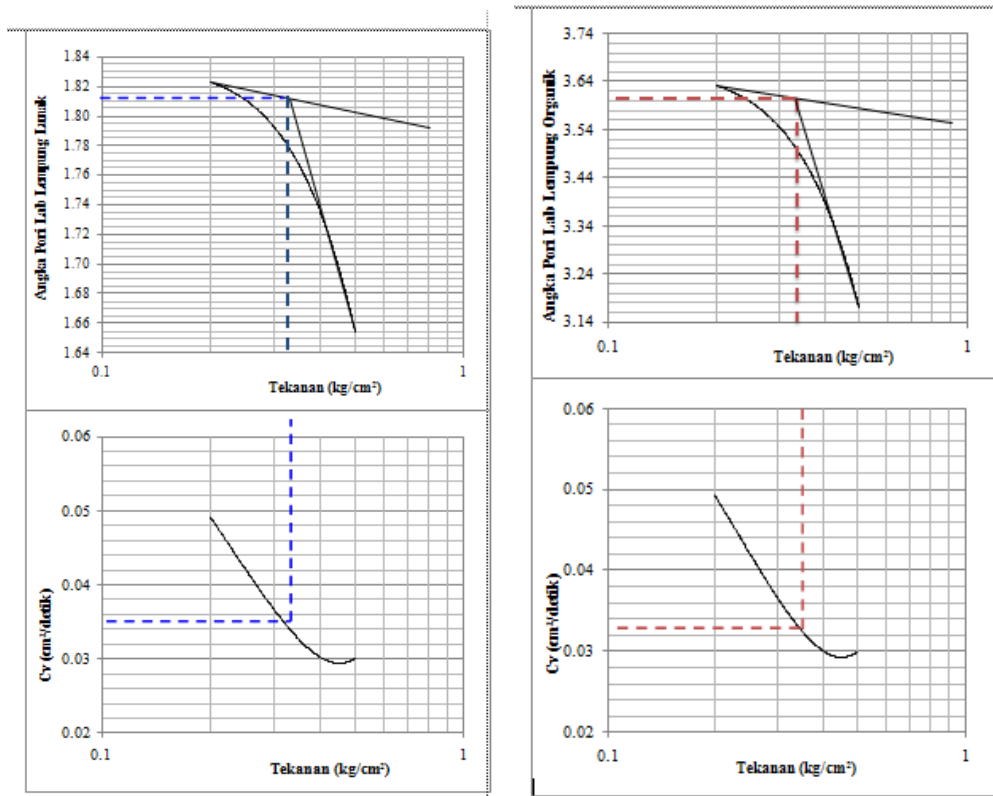
Tabel 3. Hasil C_v dan C_c Laboratorium Lempung lunak dan Lempung Organik

P kPa	C_v lempung lunak (cm^2/detik)	C_v lempung Organik (cm^2/detik)	C_c Lempung Lunak	C_c Lempung organik
20	0,050	0,053	0,1288	0,2649
30	0,035	0,041	0,1690	0,4884
40	0,031	0,033	0,4603	1,2440
50	0,030	0,031	0,8371	2,2907

Tabel 4. Nilai a_v dan M_v tanah lempung lunak dan organik uji Laboratorium

P kPa	a_v Lempung Lunak (m^2/kN)	a_v Lempung organik (m^2/kN)	M_v Lempung Lunak (m^2/kN)	M_v Lempung organik (m^2/kN)
20	19,3859	52,7141	6,7750	11,1250
30	29,7585	86,0010	10,5429	18,5630
40	57,5139	155,4179	20,5932	34,1809
50	81,1204	221,9917	29,6564	50,5503

Berikut grafik konsolidasi laboratorium lempung lunak dan lempung organik hubungan antara angka pori dengan C_v .



Gambar 8. Grafik Konsolidasi Laboratorium Tanah Lempung Lunak dan Tanah Lempung Organik

Kurva yang dibentuk pada kertas semi-logaritma dari hasil percobaan konsolidasi di laboratorium menunjukkan bahwa tanah tersebut terkonsolidasi secara normal (*Normaly Consolidated*).

Nilai kecepatan waktu konsolidasi diperoleh dari grafik penurunan dengan waktu (akar waktu). Dari grafik ini waktu untuk mencapai konsolidasi 90 % (t_{90}) dapat ditentukan. Nilai-nilai hasil dari grafik konsolidasi Kotak dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Penurunan Konsolidasi pada Pemodelan Matras Beton dan Kotak Uji

waktu	Lempung Lunak				Lempung Organik			
	0,2 kg	0,3 kg	0,4 kg	0,5 kg	0,2 kg	0,3 kg	0,4 kg	0,5 kg
0	0	268	475	878	0	442	805	1461
0,09	145	385	697	1243	249	654	1171	2070
0,25	157	397	725	1257	274	666	1205	2087
0,49	169	405	739	1272	283	679	1228	2112
1	177	410	749	1287	298	687	1245	2138
2,25	186	418	764	1307	312	702	1270	2170
4	197	425	777	1326	329	713	1291	2200
6,25	207	432	787	1342	346	723	1308	2228
9	217	438	797	1355	362	733	1324	2249
12,25	226	443	806	1364	377	742	1339	2263
16	235	448	814	1374	392	750	1352	2280
20,25	242	452	822	1383	402	757	1364	2295
25	247	457	829	1392	411	765	1377	2309
36	254	464	843	1406	423	777	1400	2332
49	259	469	856	1420	428	786	1421	2355
64	263	472	870	1433	431	796	1440	2367
1440	268	475	878	1445	442	805	1461	2397

Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi tanah didapatkan hasil C_v , C_c , a_v dan M_v pada masing-masing sampel lempung lunak dan lempung organik dapat dilihat pada tabel.

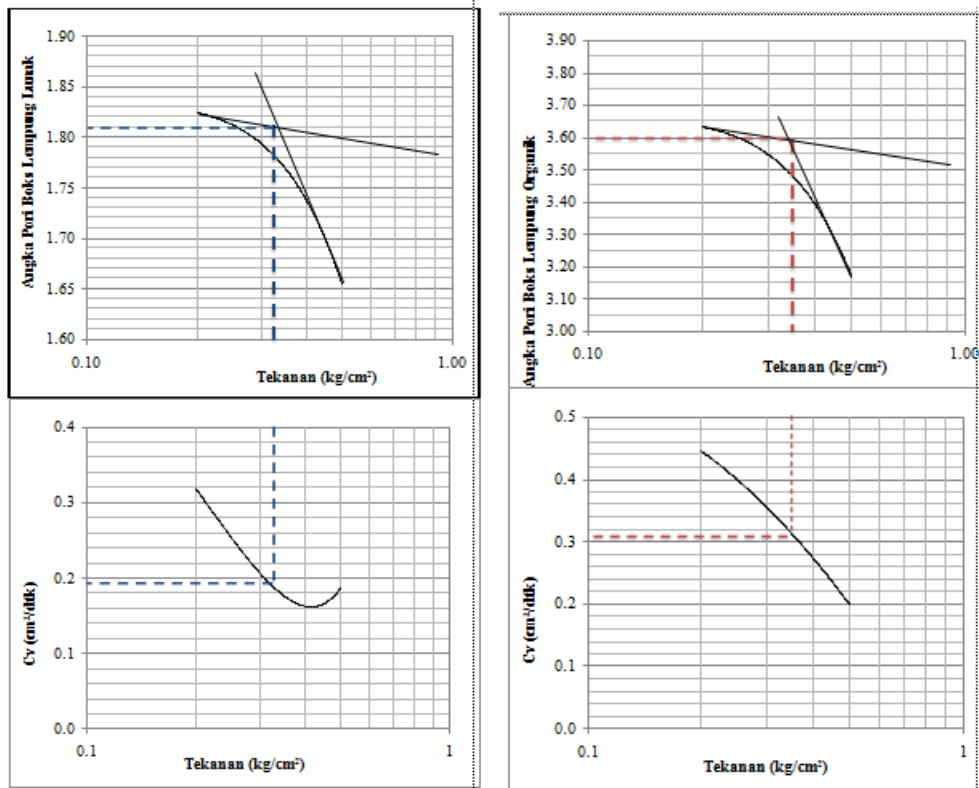
Tabel 6. Hasil C_v dan C_c Laboratorium Lempung lunak dan Lempung Organik Uji Kotak

P kPa	C_v lempung lunak (cm^2/detik)	C_v lempung Organik (cm^2/detik)	C_c Lempung Lunak	C_c Lempung organik
20	0,3265	0,4358	0,1274	0,3480
30	0,1853	0,3824	0,1682	0,4878
40	0,1850	0,2443	0,4615	1,2438
50	0,1794	0,2075	0,8377	2,2901

Tabel 7. Nilai a_v dan M_v tanah lempung lunak dan organik uji Laboratorium

P kPa	a_v Lempung Lunak (m^2/kN)	a_v Lempung organik (m^2/kN)	M_v Lempung Lunak (m^2/kN)	M_v Lempung organik (m^2/kN)
20	19,17	52,38	6,70	11,05
30	29,62	85,89	10,49	18,54
40	57,66	155,40	20,64	34,17
50	81,19	221,93	29,68	50,53

Berikut grafik konsolidasi laboratorium lempung lunak dan lempung organik hubungan antara angka pori dengan C_v .



Gambar 9. Grafik Konsolidasi Kotak Uji Tanah Lempung Lunak dan Tanah Lempung Organik

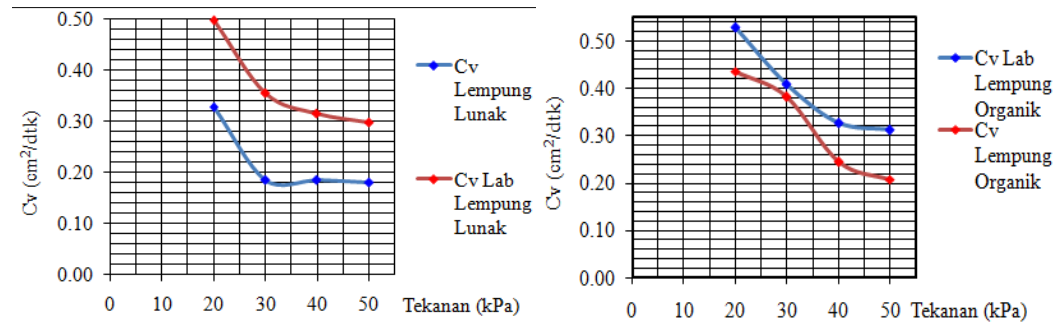
Kurva yang dibentuk pada kertas semi-logaritma dari hasil percobaan konsolidasi di laboratorium menunjukkan bahwa tanah tersebut terkonsolidasi secara normal (*Normaly Consolidated*).

Dari hasil diatas nilai C_v , C_c , a_v dan M_v pada uji box dengan nilai C_v , C_c , a_v dan M_v pada uji Laboratorium dapat diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel 8. Perbandingan C_v , C_c , a_v dan M_v pada uji Laboratorium dan uji Kotak terhadap tanah lempung lunak dan lempung organik

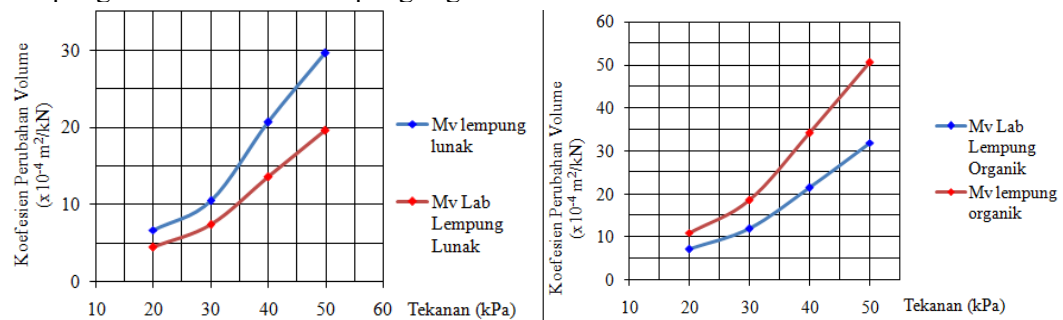
Pengujian	Uji Laboratorium		Uji Kotak	
	Lempung Lunak	Lempung Organik	Lempung Lunak	Lempung Organik
C_v (cm ² /det)	0,00035	0,00033	0,0019	0,0031
C_c	0,7997	2,5673	0,8018	3,2118
A_v (x10-4 m ² /kN)	0,0861	0,2688	0,0857	0,3231
M_v (x10-4 m ² /kN)	0,0746	0,1879	0,0745	0,2275

Berikut ini grafik perbandingan nilai C_v antara uji Laboratorium dan uji Kotak tanah lempung lunak dan tanah lempung organik



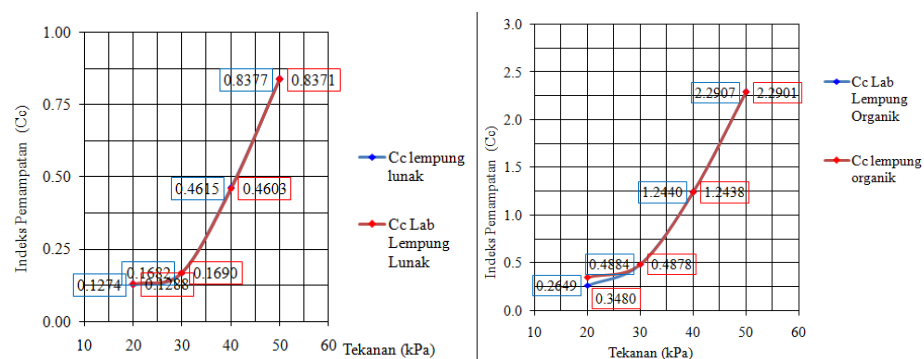
Gambar 10. Perbandingan C_v Laboratorium dan C_v Kotak Uji Pada Tanah lempung lunak dan Lempung Organik

Berikut ini grafik perbandingan nilai M_v antara uji Laboratorium dan uji Kotak tanah lempung lunak dan tanah lempung organik



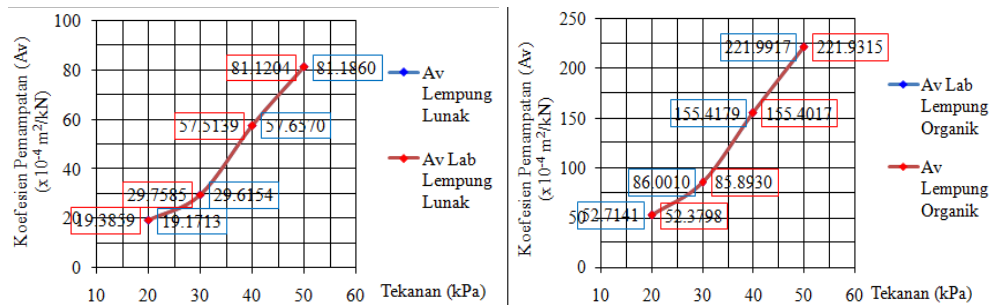
Gambar 11. Perbandingan M_v Laboratorium dan M_v Kotak Uji Pada Tanah lempung lunak dan Lempung Organik

Berikut ini grafik perbandingan nilai C_c antara uji Laboratorium dan uji Kotak tanah lempung lunak dan tanah lempung organik.



Gambar 12. Perbandingan C_c Laboratorium dan C_c Kotak Uji Pada Tanah lempung lunak dan Lempung Organik

Berikut ini grafik perbandingan nilai av antara uji Laboratorium dan uji Kotak tanah lempung lunak dan tanah lempung organik.



Gambar 13. Perbandingan av Laboratorium dan av Kotak Uji Pada Tanah lempung lunak dan Lempung Organik

C. Penurunan (*Settlement*) Tanah Pada Kotak Uji Matras Beton Bambu

a. Penurunan Tanah Lempung Lunak Jabung Lampung Timur

Penurunan yang terjadi pada tanah lempung lunak dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis penurunan, yaitu :

1. Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*)

Rumus penurunan seketika (*Immediate Settlement*) dikembangkan berdasarkan teori elastisitas dari Timoshenko dan Goodier (1951), didapat nilai sebagai berikut

$$S_i = q \cdot B \cdot I \cdot \frac{(1 - \mu^2)}{E_u} \quad (1)$$

Keterangan: q = kedalaman tanah yang di uji

B = lebar matras

I = faktor kekakuan

μ = poisson ratio

E_u = Modulus elastisitas

Maka,

$$S_i = 50 \times 80 \times 0,82 \times (1 - 0,5^2) / 2000$$

$$S_i = 1,23 \text{ cm}$$

2. Penurunan Konsolidasi Primer

Tanah mengalami *over* konsolidasi, adapun syarat yang harus diperhatikan dalam perhitungan penurunan (*settlement*) pada kondisi tanah *over* konsolidasi, adalah sebagai berikut :

$$P_c > P_o$$

Sebelum menghitung penurunan konsolidasi primer, tentukan dahulu nilai indeks pemampatan kembali atau *Recompression Index* (Cr).

$$Cr = \frac{\Delta e}{\log(p_2 / p_1)} \quad (2)$$

Dimana : Cr = *Recompression Index*

e = angka pori

p = tekanan vertikal yang ditambahkan

maka,

$$Cr = 1,83 - 1,66$$

$$Cr = \frac{\overline{\text{Log}(0,5/0,325)}}{0,91}$$

$$Scp = \frac{Cr \cdot H}{1 + eo} \log \frac{Po + \Delta P}{Po} \quad (3)$$

dimana S_{cp} = Penurunan konsolidasi primer
 H = Tinggi Sampel
 Po = Tekanan Maksimum
 eo = Angka Pori

maka,

$$= \frac{0,91 \times 0,5}{1 + 1,81} \cdot \log \frac{0,5 + 0,1}{0,5}$$

$$= 0,0128 \text{ m} = 1,28 \text{ cm}$$

3. Penurunan Konsolidasi sekunder

Penurunan akibat konsolidasi sekunder dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Dengan $T = 1$ didapat akhir konsolidasi primer sebagai berikut :

$$t = \frac{Hdr^2}{Cv} \quad (4)$$

dimana, t = waktu penurunan akhir konsolidasi primer
 T = persentase penurunan konsolidasi primer
 H_{dr} = Jarak lintasan drainase terpanjang
 Cv = Koefesien konsolidasi

Maka,

$$= 1 \times 24,94^2 / 480,8$$

$$= 1,1 \text{ tahun}$$

Indeks pemampatan sekunder (*Secondary compression index*)

$$Ca = \frac{\Delta e}{\log(t_2/t_1)} \quad (5)$$

$$Ca = \frac{1,6635 - 1,6546}{\text{Log}(1000/100)}$$

$$= 0,0089$$

Besar penurunan konsolidasi Sekunder 20 tahun setelah konsolidasi primer berhenti adalah sebagai berikut :

$$Ca = \frac{\Delta e}{\log(t_2/t_1)} \quad (6)$$

$$S_s = 0,0089 \cdot 0,5 \cdot \log \frac{20 + 1,1}{1,1}$$

$$S_s = 0,0057 \text{ m} = 0,57 \text{ cm}$$

Jadi penurunan total (St) tanah lempung lunak yang terjadi selama 20 tahun adalah :

$$St = Si + Scp + Scs$$

$$= 1,23 + 1,28 + 0,57$$

$$= 3,08 \text{ cm}$$

2. Penurunan Tanah Lempung Organik

Penurunan yang terjadi pada tanah lempung organik dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis penurunan, yaitu :

a. Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*)

Rumus penurunan seketika (*Immediate Settlement*) dikembangkan

berdasarkan teori elastisitas dari Timoshenko dan Goodier (1951), didapat nilai sebagai berikut :

$$S_i = 50 \times 80 \times 0,82 \times (1 - 0,4^2) / 5000$$

$$S_i = 0,55 \text{ cm}$$

b. Penurunan Konsolidasi Primer

Tanah mengalami *over* konsolidasi, adapun syarat yang harus diperhatikan dalam perhitungan penurunan (*settlement*) pada kondisi tanah *over* konsolidasi, adalah sebagai berikut :

$$P_c > P_o$$

Sebelum menghitung penurunan konsolidasi primer, tentukan dahulu nilai indeks pemampatan kembali atau *Recompression Index* (Cr).

$$Cr = \frac{3,64 - 3,18}{\text{Log } (0,5/0,37)}$$

$$= 3,52$$

$$S_{cp} = \frac{3,52 \times 0,5}{1 + 3,6} \cdot \log \frac{0,5 + 0,1}{0,5}$$

$$= 0,0303 \text{ m} = 3,03 \text{ cm}$$

c. Penurunan Konsolidasi sekunder

Penurunan akibat konsolidasi sekunder dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Dengan $T = 1$ didapat akhir konsolidasi primer sebagai berikut :

$$t = 1 \times 24,90^2 / 654,25$$

$$= 0,95 \text{ tahun}$$

Indeks pemampatan sekunder (*Secondary compression index*)

$$C_{\alpha} = \frac{3,1946 - 3,1704}{\text{Log } (1000/100)}$$

$$= 0,0242$$

Besar penurunan konsolidasi Sekunder 20 tahun setelah konsolidasi primer berhenti adalah sebagai berikut :

$$S_s = 0,0242 \cdot 0,5 \cdot \log \frac{20 + 0,95}{0,95}$$

$$S_s = 0,0163 \text{ m} = 1,63 \text{ cm}$$

Jadi penurunan total (S_t) tanah lempung organik yang terjadi selama 20 tahun adalah :

$$S_t = S_i + S_{cp} + S_{cs}$$

$$= 0,55 + 3,03 + 1,63$$

$$= 5,21 \text{ cm}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Studi Analisis Penurunan Tanah Lempung Lunak dan Tanah Lempung Organik Menggunakan Pemodelan Matras Beton Bambu” dapat disimpulkan dengan hasil sebagai berikut :

1. Pada pengujian sifat fisik yang telah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung bahwa tanah yang berada di Desa Benteng Sari tanah tersebut adalah tanah lempung organik dan di Desa Belimbing Sari tanah tersebut adalah tanah lempung lunak yang berdasarkan pengujian dari kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, hidrometri dan batas *atterberg*.
2. Matras beton dengan tulangan anyaman kulit bambu sesuai desain dengan ukuran 90 x 80 x 8 cm digunakan menahan tekanan secara berkala sebesar 0,2 kg/cm², 0,3 kg/cm², 0,4 kg/cm² dan 0,5 kg/cm² diatas sampel tanah yang diuji
3. Berdasarkan pada hasil pengujian Cc konsolidasi laboratorium dengan konsolidasi kotak uji bahwa pengujian laboratorium lebih kecil penurunannya dari pengujian kotak uji karena pengujian kotak uji mempunyai matras beton bambu sedangkan di laboratorium tidak ada dan juga pada penjenjutan tanah pada laboratorium lebih dari 4 hari penjenjutan sedangkan pada kotak uji hanya 1 hari, jadi perbandingan antara laboratorium dan kotak uji ternyata lebih besar penurunan pada pengujian laboratorium dan pengujian kotak uji lebih kecil penurunannya.
4. Hasil pengujian penurunan tanah, sampel terbaik adalah sampel dengan kecepatan proses penurunan tercepat (Cv) dan besaran penurunan terkecil (Cc) terdapat pada sampel tanah lempung lunak. Proses penurunan yang cepat dikatakan baik karena tanah lebih cepat mencapai lapisan tanah yang stabil, besaran penurunan terkecil dikatakan baik karena terjadinya proses pemampatan suatu jenis tanah lebih kecil, sehingga meminimalisir resiko kerusakan pada konstruksi diatasnya.
5. Berdasarkan hasil perhitungan penurunan total (St) diperoleh penurunan total tanah lempung lunak selama 20 tahun sebesar 3,08 cm lebih kecil dibandingkan dengan tanah lempung organik sebesar 5,21 cm. Namun waktu akhir konsolidasi primer tanah lempung lunak lebih lambat yaitu sebesar 1,1 tahun dibandingkan tanah lempung organik yang hanya sebesar 0,95 tahun.

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya diharapkan berasal dari jenis tanah yang berbeda seperti tanah yang mengandung lanau, pasir atau kerikil.
2. Pemodelan alat yang digunakan dapat dikembangkan dengan bentuk bangun ruang lain, salah satu contohnya yaitu tabung atau silinder.
3. Pembebanan pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan beban yang sesuai dengan beban yang ditambahkan pada uji konsolidasi laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1991, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, *Mekanika Tanah 2*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Timoshenko, S dan Goodier J. N., 1951, *Theory of Elasticity Edition 2*, McGraw-Hill Book Company, New york.
- Terzaghi, Karl P., 1987, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Edisi Kedua Jilid I*, Erlangga, Jakarta.