

## PERCEPATAN PENURUNAN TANAH DENGAN METODA ELEKTROKINETIK, BAHAN IJUK DAN SAMPAH PLASTIK SEBAGAI DRAINASI VERTIKAL

Sumiyati Gunawan

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta  
Email: sumiyatig@staff.uajy.ac.id  
sumiyatig@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Salah satu perilaku tanah yang berpotensi menyebabkan kegagalan struktur adalah penurunan tanah akibat konsolidasi pada tanah lempung. Tanah lempung merupakan tanah yang mempunyai koefisien permeabilitas ( $k$ ) yang kecil. Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam tanah tersebut segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Salah satu cara untuk mempercepat aliran air/laju konsolidasi lempung jenuh dengan menggunakan drainasi vertikal. Dalam penelitian ini akan dilakukan percobaan drainase vertikal dengan bahan pengisi berupa pasir, ijuk, sampah plastik dan metode elektronikinetik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan drainase vertikal dengan bahan pengisi pasir, ijuk dan limbah plastik dibandingkan dengan metode elektronikinetik terhadap kecepatan penurunan tanah lunak. Penelitian ini dilakukan dengan membuat model di laboratorium. Pembebanan yang dilakukan ada 10 tahap, yaitu beban 0,2 ton sampai dengan 2,0 ton dengan interval 0,2 ton. Untuk setiap tahap pembebanan masing-masing dilakukan 10 hari pengamatan. Diameter drainase yang dipakai adalah 2.5 cm dengan jarak antar drainase vertikal 15 cm dengan pola susunan segiempat pada tanah lunak dengan ketebalan 10 cm dan dalam kondisi *double drain*. Ada 6 pengujian, yaitu pengujian pembebanan tanpa drainase vertikal, drainase vertikal pasir, drainase vertikal ijuk dari pohon aren, drainase vertikal sampah botol plastik dipotong dengan ukuran  $\pm 1$ cm, drainasi metode elektrokinetik dengan 2 kutub anoda dan katoda 12 Volt dan 24 Volt.

Hasil analisa berupa koefisien konsolidasi arah vertical ( $C_v$ ) sebagai berikut : pembebanan tanpa drainase vertikal  $C_v=0.000194$  cm<sup>2</sup>/detik ; drainase vertikal pasir  $C_v=0.000312$  cm<sup>2</sup>/detik ; drainase vertikal ijuk dari pohon aren  $C_v=0.000671$  cm<sup>2</sup>/detik ; drainase vertikal sampah botol plastik dipotong dengan ukuran  $\pm 1$ cm  $C_v=0.000821$  cm<sup>2</sup>/detik ; drainasi metode elektrokinetik dengan 2 kutub anoda dan katoda 12 Volt dan 24 Volt masing masing  $C_v= 0.001030$  cm<sup>2</sup>/detik dan  $C_v= 0.001185$  cm<sup>2</sup>/detik.

**Kata kunci :** Drainase Vertikal, Konsolidasi, Koefisien konsolidasi , Proses Konsolidasi.

### 1. PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan tanah yang mempunyai koefisien permeabilitas ( $k$ ) yang kecil. Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam tanah tersebut segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Konsolidasi adalah peristiwa keluarnya air dari pori-pori tanah akibat pembebanan di atas tanah sehingga tanah mengalami penurunan. Karena permeabilitas yang kecil, maka penurunan tersebut berlangsung dalam waktu yang lama sehingga sangat merugikan pada pelaksanaan konstruksi.

Salah satu cara untuk mempercepat aliran air/laju konsolidasi lempung jenuh dengan menggunakan drainasi vertikal. Material yang sering digunakan menjadi bahan utama pengisi drainasi vertikal adalah pasir. atau geotekstil. Pada penelitian ini akan dicoba bahan pengisi drainasi vertikal yang lain yang efektif dalam mempercepat penurunan konsolidasi dan harga murah, dengan metode elektrokinetik yang akan dibandingkan dengan penelitian yang lalu yaitu sampah plastik botol mineral, pasir dan ijuk. Alasan menggunakan ijuk dan sampah botol plastik air mineral adalah disamping harganya murah dan mudah didapat, ijuk memiliki sifat menyerap dan menyimpan air serta akan mengalirkannya apabila terdapat tekanan yang bekerja terhadapnya, sedangkan sampah botol plastik merupakan limbah yang tidak mudah terurai dan dapat dijadikan bahan alternatif yang dapat mempercepat penurunan. Prinsip kerja metode elektrokinetik, menyebabkan aliran air pori tanah di area sekitar anoda menuju katoda, yang mengakibatkan peningkatan daya dukung tanah di sekitar kutub anoda karena berkurangnya kadar air tanah di sekitar kutub anoda.

## Batasan masalah

Dalam penelitian ini diberikan beberapa batasan agar penelitian tidak terlalu luas dan lebih terarah. Adapun beberapa batasan masalah tersebut antara lain :

1. Sampel tanah yang digunakan adalah lempung yang berasal dari daerah Kasongan, Bantul.
2. Material pengisi drainase vertikal adalah pasir, ijuk dari pohon aren, sampah botol plastik air mineral dipotong kecil-kecil dengan ukuran  $\pm 1 \text{ cm}^2$  dan voltase yang digunakan metode elektrokinetik adalah 12 Volt dan 24 Volt.
3. Kotak uji yang digunakan berukuran 100 cm x 100 cm x 80 cm.
4. Pembebanan dalam percobaan ini dilakukan secara bertahap mulai dari 0,2 ton/m<sup>2</sup> s/d 2,0 ton/m<sup>2</sup> dengan interval 0,2 ton dengan setiap tahapnya dilakukan pengamatan selama 10 x 24 jam.
5. Diameter drainase vertikal yang digunakan adalah 2,5 cm. Kedalaman drainasi vertikal sama dengan kedalaman sample yaitu 10 cm dan jarak antara drainasi vertikal adalah 15,0 cm.
6. Percobaan penelitian akan dilakukan 6 kali, yaitu :
  - a. Tanah lempung tanpa drainase vertikal.
  - b. Tanah lempung + drainase vertikal dengan bahan pasir.
  - c. Tanah lempung + drainase vertikal dengan bahan ijuk.
  - d. Tanah lempung + drainase vertikal dengan bahan plastik.
  - e. Tanah lempung + metode elektrokinetik 12 volt.
  - f. Tanah lempung + metode elektrokinetik 24 volt

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penurunan tanah merupakan hal yang sangat diperhitungkan dalam pembangunan sebuah bangunan konstruksi. Proses penurunan tanah membutuhkan yang cukup lama. Berbagai cara dilakukan untuk mempercepat penurunan tanah. (Sumiyati, 2011) melakukan penelitian tentang percepatan penurunan tanah lunak menggunakan metode *Drainasi vertikal* berupa ijuk yang dibungkus dengan karung goni yang dibandingkan dengan *Prefabricated Drain*, serta tanpa drainasi vertikal, masing-masing 2 sample.

Hasil koefisien konsolidasi arah vertikal ijuk bungkus goni rerata  $4,065 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$ , *Prefabricated Drain* rerata  $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$  dan yang tanpa drainasi vertikal sebesar  $9,53 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{dt}$ . Hasil koefisien konsolidasi arah horisontal ijuk dibungkus goni rerata  $2,296 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{dt}$ , *Prefabricated Drain* rerata  $7,39 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{dt}$ . Penurunan total, drainasi vertikal ijuk dibungkus goni rerata 0,389 cm, *Prefabricated Drain* rerata 0,373 cm dan tanpa drainasi vertikal 0,3115 cm.

(Sumiyati, 2014) melakukan penelitian tentang percepatan penurunan tanah lunak menggunakan metode *Drainasi vertikal* yang dibandingkan berupa ijuk, pasir, dan sampah botol plastik, serta tanpa drainasi vertikal.

Hasil koefisien konsolidasi arah vertikal ijuk rerata  $6,71 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$ , Pasir rerata  $3,21 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$ , sampah botol plastik rerata  $8,14 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$  dan yang tanpa drainasi vertikal sebesar  $1,94 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$ . Penurunan total, drainasi vertikal ijuk rerata 81,87%, Pasir rerata 56,87%, sampah botol plastik rerata 87,21%, dan tanpa drainasi vertikal rerata 5,32% (semuanya terhadap penurunan total).

(Mahmudi.A, 2007) melakukan penelitian tentang pengaruh pola susunan *sand drain* terhadap kecepatan pemampatan konsolidasi pada sistem *vertical sand drain*. Dalam penelitian ini mengatakan bahwa semakin besar tegangan maka angka pori juga besar sehingga terjadi pemampatan besar, pada pola susunan empat lubang terjadi pemampatan lebih besar dari pada 7 lubang. Index pemampatan (Cc) pada pola susunan empat lubang lebih besar dibanding dengan pola susunan tujuh lubang, sedang pada konsolidasi klasik besar penurunannya sangat kecil sekali.

Wahyu (2007) melakukan penelitian tentang penurunan tanah organik menggunakan metode sand drain pada kondisi double drain dengan pemodelan axisymmetric. Pengujian dengan sand drain dengan pembebanan bertahap dilakukan dengan pola segitiga dan segiempat. Metode sand drain dengan pembebanan bertahap ternyata dapat mempercepat proses penurunan tanah (konsolidasi) dan proses pengaliran air tanah. Penggunaan metode sand drain dengan pola segiempat ternyata dapat menurunkan tanah lebih cepat daripada pola segitiga. Hal ini disebabkan karena lubang pada pola segiempat lebih banyak yaitu 21 lubang dibandingkan pola segitiga yaitu 19 lubang. Pada metode sand drain dengan pola segitiga penurunan tanah terjadi sebesar 2.860 cm dalam waktu 35 hari, dan 3.680 cm dalam waktu 35 hari pada metode sand drain pola segiempat.

Tjandra, Daniel & Budi, Gogot Setyo. (2009), melakukan penelitian pengaruh elektrokinetik terhadap peningkatan daya dukung tanah lempung lunak. Besar Voltase adalah 12 Volt. Variabel waktu adalah 48, 72, 96, 120 jam. Jenis material yang dipakai untuk kutub anoda dan katoda adalah tembaga. Metode elektrokinetik dengan memberikan

tegangan secara kontinu ternyata dapat mempercepat penurunan kadar air di sekitar anoda dan dapat meningkatkan daya dukung tanah di sekitar anoda. Penelitian ini dilaksanakan dengan cara memberikan tegangan sebesar 12 volt secara kontinu pada tanah uji dalam kurun waktu tertentu. Ada 6 tipe pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, yang membedakan dari tiap pengujian tersebut terletak pada jumlah elektroda dan jarak elektroda. Hasil penelitian dengan metode elektrokinetik yaitu dapat menurunkan nilai kadar air di lokasi sekitar kutub anoda sampai dengan 15 % dan peningkatan kuat geser un-drained sampai dengan 139 % dari kondisi awalnya.

### 3. LANDASAN TEORI

#### Konsolidasi

Peristiwa keluarnya air dari dalam pori tanah karena tambahan tekanan efektif sehingga terjadi pemampatan/penurunan pada tanah dasar.

Akibat adanya tambahan tekanan efektif pada lapisan tanah kompresif, tanah mengalami konsolidasi yang prosesnya berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

Laju konsolidasi atau kecepatan proses konsolidasi, dipengaruhi oleh :

- a. Permeabilitas tanah
- b. Tebal tanah kompresible
- c. Kondisi drainasi di atas dan di bawah lapisan tanah kompresible

#### Nilai Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal ( $C_v$ )

Menurut (Terzaghi, 1996), pada drainasi 2 arah (batu pori diletakkan di atas dan di bawah sample), pada saat pembebanan  $\Delta p$  bekerja, tekanan eksese  $u$  terbagi rata (diagram berbentuk segiempat). Dengan mengalirnya air, tekanan eksese berkurang (diagram berbentuk parabola) yang makin lama makin kecil dan menjadi nol setelah konsolidasi selesai .

Besarnya tekanan eksese berubah menurut waktu dan kedalaman, maka :

$$u = f(z, t) \quad (3.2.1)$$

Tekanan eksese = tekanan pori = tekanan hidrostatik :

$$u = h_w \quad \text{Atau tinggi tekanan :} \quad u = h_w$$

Dari teori konsolidasi Terzaghi ini diperoleh hubungan antara  $U$  dan  $T_v$  yang digambarkan sebagai grafik atau dibuat suatu tabel (tabel 2.1)

dan persamaannya disederhanakan dengan rumus pendekatan menjadi :

$$\text{untuk } U_v < 60\% \rightarrow T_v = \frac{\pi}{4} \cdot U_v^2 \quad (3.2.2)$$

$$\text{untuk } U_v \geq 60\% \rightarrow T_v = -0,933 \cdot \log(1 - U_v) - 0,085 \quad (3.2.3)$$

Juga diperoleh hubungan antara  $T_v$  dan  $C_v$  yaitu :

$$T_v = \frac{C_v}{d^2} \cdot t \quad (3.2.4)$$

Dimana :  $T_v$  = faktor waktu

$C_v$  = koefisien konsolidasi arah vertikal

$t$  = waktu

$d$  = pjl lintasan (1/2H unt drainasi 2 arah)

#### Nilai koefisien konsolidasi arah horisontal ( $C_r$ )

Keadaan dengan anggapan hanya terjadi konsolidasi dan penurunan tanah akibat air mengalir ke drainasi vertikal saja. Hubungan antara derajat konsolidasi arah radial  $U_r$  dan waktu  $t$ , dinyatakan dalam faktor waktu  $T_r$ , adalah :

$$u_r = f(T_r) \quad (3.3.1)$$

Dimana:  $T_r = \frac{C_r}{(2R)^2} \cdot t \quad (3.3.2)$

$$U_r = 1 - e^{-8 \cdot T_r / y} \quad \text{atau} \quad T_r = -\frac{y}{8} \ln(1 - U_r) \quad (3.3.3)$$

Digunakan rumus pendekatan :

$$\text{Dimana: } y = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \longrightarrow n = \frac{R}{r} \quad (3.3.4)$$

R = jari - jari pengaruh = 0,564 a, untuk susunan bujursangkar

= 0,525 a, untuk susunan segitiga

r = jari - jari drainasi vertikal

### Derajat konsolidasi gabungan arah vertikal dan arah horisontal / radial

Jika tanah mengalami konsolidasi vertikal dan radial, masing – masing mencapai derajat konsolidasi arah vertikal  $U_v$  dan derajat konsolidasi arah radial  $U_r$ , maka derajat konsolidasi gabungan  $U_{gab}$  yang dicapai dihitung dengan persamaan :

$$(1 - U_{gab}) = (1 - U_v) \cdot (1 - U_r) \quad (3.4.1)$$

## 4. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menjawab rumusan masalah yang ada diperlukan adanya analisis data secara benar yang dihasilkan dari serangkaian data dengan percobaan laboratorium. Untuk mempersiapkannya perlu adanya perencanaan dan rancangan yang matang serta pemeriksaan alat yang kualitatif.

### Lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya.

### Jenis pengujian parameter tanah

Kadar air (ASTM, D2216-10), Berat jenis (ASTM, D854-72), Geser langsung (ASTM, D3080-03), Berat Volume (ASTM, D7263-09), Gradasi/Analisis saringan (ASTM, D421-85), Hidrometer (ASTM, D 422 - 63), Atterberg (ASTM, D4318-10)

### Alat dan bahan

Untuk menunjang kelancaran jalannya penelitian/percobaan di laboratorium perlu adanya bahan dan peralatan sebagai berikut :

### Peralatan untuk uji laboratorium

Kadar air, Berat jenis, Geser, Berat volume, Gradasi dan Hidrometer, Atterberg

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah sampel tanah lunak yang diambil di Kasongan Bantul Yogyakarta dan diambil pada kedalaman  $\pm 1$  meter dari muka tanah.

### Bak Uji

Untuk homogenitas tanah lunak dilakukan pra pembebanan (preloading) selama 4x24 jam dengan beban merata sekitar 1,8 t/m<sup>2</sup>.

Ukuran dan kondisi bak dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Bak pengujian dengan ukuran 100 cm x 100 cm x 80 cm lengkap dengan rangka penahan box beban. Tong terbuat dari rangka besi profil siku dan diberi multiplex setebal 3 cm sebagai penutup sisinya (Gambar 4.1)
2. Tanah lunak (lempung) yang diambil dari Kasongan Bantul dan Pasir lolos saringan nomor 4 tertahan nomor 40 sebagai *double drain*
3. Beban-beban dari tanah yang dibungkus dengan karung dengan berat 25 kg per karung
4. Box Beban dengan ukuran 80 x 80 x 50 cm<sup>3</sup> yang terbuat dari multiplex setebal 3 cm.
5. Dial dengan ketelitian 0.01 mm
6. Pipa dengan diameter 2.5 cm

7. Ijuk dari pohon aren
8. Sampah botol plastik dengan ukuran  $\pm 1 \text{ cm}^2$

### Cara pembebanan

Penelitian ini akan dilakukan dengan cara membebani tanah lunak yang telah disiapkan dalam bak uji dengan beban yang diletakkan dalam box beban dengan ukuran  $80 \times 80 \times 50 \text{ cm}^3$ . Sebelum dilakukan pembebanan, bak uji yang berukuran  $100 \times 100 \times 80 \text{ cm}^3$  dimasukkan pasir yang sudah disaring setebal 30 cm, lalu sampel tanah lunak setebal 10 cm, dan setelah itu di atasnya pasir setebal 15 cm. Setelah tanah disiapkan, dilakukan penjenjuran selama 4 hari. Sebelum dilakukan pengujian, berat volume dan kadar air tanah yang ada di bak di uji sebagai pembandingan untuk percobaan selanjutnya.

Percobaan pembebanan yang akan dilakukan meliputi :

1. Sampel Tanah Lunak Tanpa Drainase Vertikal
2. Sampel Tanah Lunak dengan Drainase Vertikal Pasir
3. Sampel Tanah Lunak dengan Drainase Vertikal Ijuk
4. Sampel Tanah Lunak dengan Drainase Vertikal Plastik
5. Tanah lempung + metode elektrokinetik 12 volt
6. Tanah lempung + metode elektrokinetik 24 volt

Setelah penjenjuran selesai, pengujian dapat dimulai. Pengujian dilakukan dengan memberi pembebanan secara bertahap. Pembebanan yang dilakukan ada 10 tahap, yaitu beban 0,2 ton sampai dengan 2,0 ton dengan interval 0,2 ton. Untuk setiap tahap pembebanan masing-masing dilakukan 10 hari pengamatan.

Setelah pengujian tanpa drainasi vertikal selesai, tanah sampel yang ada di dalam bak uji di bongkar, lalu dimasukkan kembali selapis demi selapis dengan diberi air sedikit demi sedikit. Setelah tanah lunak dimasukkan, tanah tersebut dilubangi dengan pipa berdiameter 2.5 cm dengan jarak 15 cm (Gambar 4.2), lubang tersebut sebagai drainase vertikal. Setelah tanah dilubangi, ijuk atau pasir atau plastik dimasukkan sampai penuh dengan dipadatkan. Setelah drainase vertikal siap, pasir di letakkan di atasnya kembali dengan tebal 15 cm lalu dilakukan penjenjuran. Setelah penjenjuran selesai, maka pengujian dapat dimulai seperti yang sudah dijelaskan di atas pada percobaan tanpa drainasi vertikal.

### Pembacaan dial

Untuk setiap percobaan angka yang dicatat pada dial adalah angka penurunan yang terjadi. Beban yang digunakan dalam pengujian ini adalah : beban 0,2ton ; 0,40ton ; 0,6ton; 0,8ton ;1,0ton ; 1,20ton ; 1,40ton ; 1,60ton ; 1,80ton ; 2,0 ton, untuk setiap tahap pembebanan dilakukan selama 10 x 24 jam pengamatan. . Prosedur pembebanan untuk semua pengujian sama. Prosedur pembebanannya sebagai berikut :

1. Pertama-tama sampel tanah dalam bak uji di bebani 0,2ton dan dilakukan pencatatan penurunan (mm) terhadap waktu yang dinyatakan dalam menit masing-masing untuk waktu 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; dan seterusnya dengan waktu yang diakarkan hasilnya bulat selama 10 hari (14400menit).
2. Langkah selanjutnya adalah pembebanan menjadi 0,40ton setelah pengamatan selama 10 hari. Dan seterusnya sama sampai dengan beban 2,0 ton.
3. Setelah pembebanan 2,0 ton selesai, beban dibongkar lalu dilanjutkan pada pengujian dengan bahan pengisi drainase vertikal yang lain.

## 5. HASIL DAN ANALISA

### Data teknis tanah

Sampel tanah yang diambil di daerah Kasongan bantul, Yogyakarta kemudian diuji parameternya di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UAJY. Hasil pengujian parameter tanah asli adalah sebagai berikut:

Kadar air ( )	= 42.31 %
Berat jenis (G)	= 2,5989 gr/cm <sup>3</sup>
Berat volume basah ( b)	= 1,63 gr/cm <sup>3</sup>
Berat volume kering ( k)	= 1,08 gr/cm <sup>3</sup>
Liquid limit (LL)	= 54 %
Plastis limit (PL)	= 35.41 %
Plastis indeks (PI)	= 18.59 %
Angka Pori awal	= 1.384273

### Hasil tes pembebanan

Hasil pembebanan disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara penurunan (mm) dan waktu (menit)

### Konsolidasi tanah asli lapangan pengujian laboratorium

Dari pembebanan yang dilakukan di laboratorium, disajikan dalam bentuk grafik dan tabel dibawah ini.

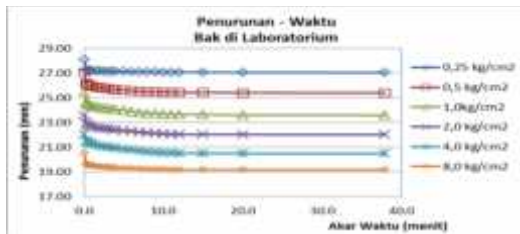


Tabel 5.1 Nilai Cv tanah asli pada pengujian konsolidasi laboratorium

Tanah Asli di Laboratorium					
Beban kg/cm <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	$t_{90}$ (menit)	$t_{90}$ (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.25	2.53062	10.7500	115.5625	6933.7500	0.000195804
0.5	2.53062	10.7500	115.5625	6933.7500	0.000195804
1	2.53062	10.8960	118.7228	7123.3690	0.000190592
2	2.53062	11.0400	121.8816	7312.8960	0.000185652
4	2.53062	10.7500	115.5625	6933.7500	0.000195804
8	2.53062	10.6500	113.4225	6805.3500	0.000199498
Rata2					0.000193859

### Konsolidasi tanah bak pengujian laboratorium

Dari pembebanan yang dilakukan di laboratorium, disajikan dalam bentuk grafik dan tabel dibawah ini.



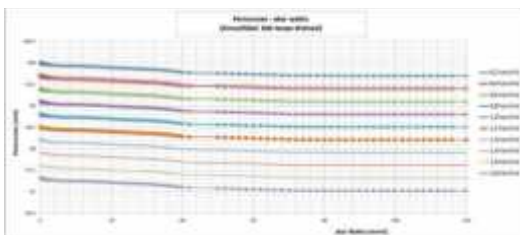
Gambar 5.2 Grafik Penurunan Vs Waktu (Sample bak di laboratorium)

Tabel 5.2 Nilai Cv tanah bak pada pengujian konsolidasi laboratorium

Tanah Sample Bak di Laboratorium					
Beban kg/cm <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	$t_{90}$ (menit)	$t_{90}$ (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.25	2.805	11.8900	141.3721	8482.3260	0.000196647
0.5	2.805	11.9400	142.5636	8553.8160	0.000195003
1	2.805	11.9400	142.5636	8553.8160	0.000195003
2	2.805	12.5300	157.0009	9420.0540	0.000177071
4	2.805	11.7400	137.8276	8269.6560	0.000201704
8	2.805	11.7400	137.8276	8269.6560	0.000201704
Rata2					0.000194522

### Konsolidasi tanah tanpa drainase vertikal

Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada bak uji pada perbaikan tanah lunak tanpa drainase vertikal adalah sebagai berikut:



Gambar 5.3 Grafik Penurunan Vs Waktu (tanpa drainase vertikal di Bak uji)

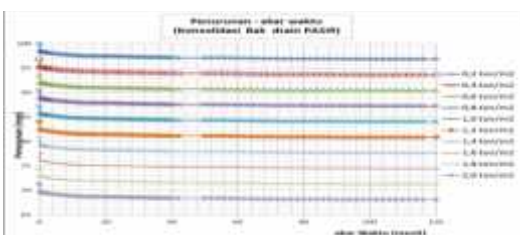
Tabel 5.3 Nilai Cv Konsolidasi Bak tanpa Drainasi

Tanah Sample Bak tanpa Drain				
Beban ton/m <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	$t_{50}$ (menit)	$t_{50}$ (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.20	10	420.0000	25200.0000	0.000195437
0.40	10	418.0000	25080.0000	0.000196372
0.60	10	425.0000	25500.0000	0.000193137
0.80	10	421.0000	25260.0000	0.000194972
1.00	10	417.0000	25020.0000	0.000196843
1.20	10	422.0000	25320.0000	0.000194510
1.40	10	420.0000	25200.0000	0.000195437
1.60	10	415.0000	24900.0000	0.000197791
1.80	10	425.0000	25500.0000	0.000193137
2.00	10	420.0000	25200.0000	0.000195437
Rata2				0.000195307

### Konsolidasi tanah dengan drainase vertikal pasir

Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada bak uji pada perbaikan tanah lunak dengan drainase vertikal pasir adalah sebagai berikut:

Tabel 5.4 Nilai Cv konsolidasi Bak uji dg pasir

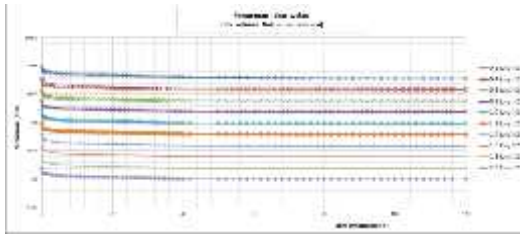


Gambar 5.4 Grafik Penurunan Vs Waktu (drainase vertikal Pasir di Bak Uji)

Tanah Sample Bak Dengan Drain Pasir				
Beban ton/m <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	$t_{50}$ (menit)	$t_{50}$ (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.20	10	250.0000	15000.0000	0.000328333
0.40	10	260.0000	15600.0000	0.000315705
0.60	10	260.0000	15600.0000	0.000315705
0.80	10	255.0000	15300.0000	0.000321895
1.00	10	255.0000	15300.0000	0.000321895
1.20	10	260.0000	15600.0000	0.000315705
1.40	10	250.0000	15000.0000	0.000328333
1.60	10	250.0000	15000.0000	0.000328333
1.80	10	260.0000	15600.0000	0.000315705
2.00	10	255.0000	15300.0000	0.000321895
Rata2				0.000321351

### Konsolidasi tanah dengan drainase vertikal ijuk

Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada bak uji pada perbaikan tanah lunak dengan drainase vertikal Ijuk adalah sebagai berikut:



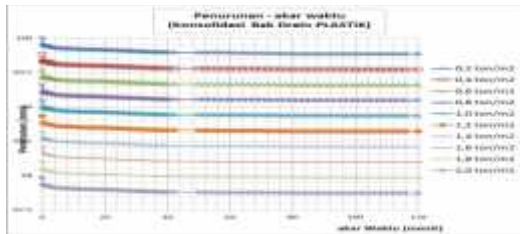
Gambar 5.5 Grafik Penurunan Vs Waktu (drainase vertikal Ijuk di Bak Uji)

Tabel 5.5 Nilai Cv konsolidasi Bak uji dg ijuk

Tanah Sample Bak Dengan Drain Ijuk				
Beban ton/m <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	t <sub>50</sub> (menit)	t <sub>50</sub> (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.20	10	123.0000	7380.0000	0.000667344
0.40	10	122.0000	7320.0000	0.000672814
0.60	10	121.0000	7260.0000	0.000678375
0.80	10	122.0000	7320.0000	0.000672814
1.00	10	123.0000	7380.0000	0.000667344
1.20	10	121.0000	7260.0000	0.000678375
1.40	10	122.0000	7320.0000	0.000672814
1.60	10	123.0000	7380.0000	0.000667344
1.80	10	124.0000	7440.0000	0.000661962
2.00	10	122.0000	7320.0000	0.000672814
Rata2				0.000671200

### Konsolidasi tanah dengan drainase vertikal plastik

Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada bak uji pada perbaikan tanah lunak dengan drainase vertikal plastik adalah sebagai berikut:



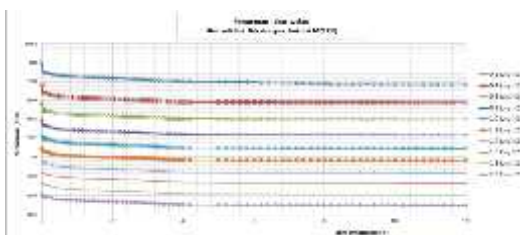
Gambar 5.6 Grafik Penurunan Vs Waktu (drainase vertk Plastik di Bak Uji)

Tabel 5.6 Nilai Cv konsolidasi Bak uji dg Plastik

Tanah Sample Bak Dengan Drain Plastik				
Beban ton/m <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	t <sub>50</sub> (menit)	t <sub>50</sub> (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.20	10	100.0000	6000.0000	0.000820833
0.40	10	101.0000	6060.0000	0.000812706
0.60	10	102.0000	6120.0000	0.000804739
0.80	10	102.0000	6120.0000	0.000804739
1.00	10	102.0000	6120.0000	0.000804739
1.20	10	100.0000	6000.0000	0.000820833
1.40	10	100.0000	6000.0000	0.000820833
1.60	10	100.0000	6000.0000	0.000820833
1.80	10	101.0000	6060.0000	0.000812706
2.00	10	101.0000	6060.0000	0.000812706
Rata2				0.000813567

### Konsolidasi tanah dengan metode elektrokinetik 12 Volt

Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada bak uji pada perbaikan tanah lunak dengan drainase vertikal plastik adalah sebagai berikut:



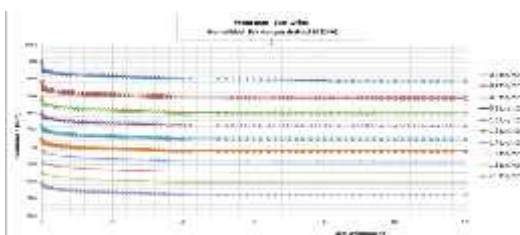
Gambar 5.7 Grafik Penurunan Vs Waktu (drainase vertk ME 12Volt)

Tabel 5.7 Nilai Cv konsolidasi Bak uji dg ME 12 Volt

Beban ton/m <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	t <sub>50</sub> (menit)	t <sub>50</sub> (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.20	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
0.40	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
0.60	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
0.80	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
1.00	10	79.0000	4740.0000	0.001039030
1.20	10	82.0000	4920.0000	0.001001016
1.40	10	75.0000	4500.0000	0.001094444
1.60	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
1.80	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
2.00	10	80.0000	4800.0000	0.001026042
Rata2				0.001031678

### Konsolidasi Tanah dengan metode elektrokinetik 24 Volt

Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada bak uji pada perbaikan tanah lunak dengan drainase vertikal plastik adalah sebagai berikut:



Gambar 5.7 Grafik Penurunan Vs Waktu (drainase vertk ME 12Volt)

Tabel 5.8 Nilai Cv konsolidasi Bak uji dg ME 24 Volt

Beban ton/m <sup>2</sup>	Tebal sample (cm)	t <sub>50</sub> (menit)	t <sub>50</sub> (detik)	Cv (cm <sup>2</sup> /detik)
0.20	10	70.0000	4200.0000	0.001172619
0.40	10	72.0000	4320.0000	0.001140046
0.60	10	65.0000	3900.0000	0.001262821
0.80	10	75.0000	4500.0000	0.001094444
1.00	10	69.0000	4140.0000	0.001189614
1.20	10	72.0000	4320.0000	0.001140046
1.40	10	68.0000	4080.0000	0.001207108
1.60	10	65.0000	3900.0000	0.001262821
1.80	10	70.0000	4200.0000	0.001172619
2.00	10	68.0000	4080.0000	0.001207108
Rata2				0.001184925

## Analisa hasil penelitian

Dari hasil penurunan akibat pembebanan dan akar waktu diperoleh koefisien konsolidasi arah vertikal yang dapat dibandingkan sebagai berikut :

Tabel 5.7. Perbandingan Koefisien Konsolidasi

Drainasi Vertikal	Koefisien konsolidasi arah vertikal $C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{dt}$ )
Tanah Asli di laboratorium	$0.000194 = 1,94.10^{-4}$
Tanah Bak di laboratorium	$0.000194 = 1,94.10^{-4}$
Tanah Bak tanpa drainasi vertikal	$0.000195 = 1,95.10^{-4}$
Tanah Bak dengan drainasi Pasir	$0.000312 = 3,12.10^{-4}$
Tanah Bak dengan drainasi Ijuk	$0.000671 = 6,71.10^{-4}$
Tanah Bak dengan drainasi Plastik	$0.000821 = 8,21.10^{-4}$
Tanah Bak dengan drainasi ME 12 V	$0.001030 = 1,03.10^{-3}$
Tanah Bak dengan drainasi ME 24 V	$0.001185 = 1,19.10^{-3}$

Dari perhitungan indeks kompresi tanah dan hasil perhitungan parameter tanah maka didapat : Indeks kompresi ( $C_c$ ) rata rata sebesar 0,325

## 6. KESIMPULAN

Dari grafik diatas terlihat bahwa tanah lunak dengan drainase vertikal ME 24 V mempunyai waktu konsolidasi yang paling cepat dibandingkan dengan yang lainnya (gb 5.8)

Pada  $t$  (waktu) = 30 hari, Tanah lunak tanpa Drainasi mencapai derajat konsolidasi 5,32% dari penurunan total ; Dengan drain pasir mencapai derajat konsolidasi 56,87% , dengan drain ijuk mencapai derajat konsolidasi 81,87%, dengan drain plastik mencapai derajat konsolidasi 87,21%, dengan ME 12 volt sebagai drainasi vertikal mencapai derajat konsolidasi 93,38% dan dengan ME 24 volt sebagai drainasi vertikal mencapai derajat konsolidasi 93,74%.

## DAFTAR PUSTAKA

- G Sumiyati 2011, Studi Perbandingan *Prefabricated Drain* dan Ijuk Sebagai Drainasi Vertikal, 2011
- G Sumiyati 2014, Percepatan Penurunan Sampah Plastik sebagai Drainasi Vertikal, Jurnal Teknik Sipil , Vol.13 No.1, Oktober 2014, ISSN 1411 – 660X.
- Mahmudi.A 2007, Pengaruh Pola Susunan *Sand Drain* terhadap Kecepatan Pemampatan Konsolidasi pada Sistem *Vertical Sand Drain*, Jurnal Penelitian, Universitas Bhayangkara, Surabaya.
- Wahyu (2007) melakukan penelitian tentang penurunan tanah organik menggunakan metode *sand drain* pada kondisi *double drain* dengan pemodelan axisymmetric.
- Abadi, T.C., 2004, Uji Laboratorium Pemanfaatan Serabut Kelapa dan Ijuk sebagai Bahan Drainase Vertikal Tanpa Filter, Jurnal Penelitian, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Juleha, 2001, Analisa Drainase Vertikal untuk Mempercepat Konsolidasi pada Tanah Lunak, Jurnal Penelitian, Universitas Riau, Riau
- Das,B.M, 1998. Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik), Penerbit Erlangga, Jakarta