

# JURNAL TEKNIK SIPIL

## SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: IR. LILIES WIDOJOKO, MT
DEWAN PENYUNTING	: DR. IR. ANTONIUS, MT (Univ. Sultan Agung Semarang) : DR. IR. NUROJI, MT (Univ. Diponegoro) : DR. IR. FIRDAUS, MT (Univ. Sriwijaya) : DR. IR. Hery Riyanto, MT (Univ. Bandar Lampung) : APRIZAL, ST., MT (Univ. Bandar Lampung)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: FRITZ AKHMAD NUZIR, ST., MA(LA)
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: IB. ILHAM MALIK, ST, SUROTO ADI
Email	: <a href="mailto:jtsipil@ubl.ac.id">jtsipil@ubl.ac.id</a>
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Bandar Lampung

---

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April

---



# Jurnal Teknik Sipil UBL

---

Volume 5, Nomor 1, April 2014

ISSN 2087-2860

## DAFTAR ISI

Susunan Redaksi .....	ii
Daftar Isi .....	iii
<b>1. Analisa Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang Lokasi Teluk Semangka Kota Agung Kabupaten Tanggamus</b>	
Sugito .....	540-551
<b>2. Uji Kekakuan Tulangan Baja Pada Sambungan Balok dengan Tulangan Baja Tanpa Tekukan Pada Kedua Ujung</b>	
Hery Ryanto .....	552-558
<b>3. Analisis Kerugian Akibat Banjir di Bandar Lampung</b>	
Dirwansyah Sesunan .....	559-584
<b>4. Uji Perbaikan Tanah Skala Pemodelan Dengan <i>Vertical Drain</i> Pola Segitiga <i>Single Drain</i></b>	
Lilies Widodojoko .....	585-597
<b>5. Analisis Investasi Bangunan Ruko Dengan Metode Break Event Point, Payback Periode, Dan Net Present Value</b>	
A Ikhsan Karim .....	598-616

**UJI PERBAIKAN TANAH SKALA PEMODELAN  
DENGAN *VERTICAL DRAIN* POLA SEGITIGA *SINGLE DRAIN***

**LILIES WIDOJOKO**

Dosen Universitas Bandar Lampung

E-mail : [lilieswidojoko@ubl.ac.id](mailto:lilieswidojoko@ubl.ac.id)

***Abstrak***

Secara umum tanah memiliki definisi sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*voidspace*) yang berisi air dan/atau udara. (Das, 1995). Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan/atau udara. Pori-pori ini selalu berhubungan antara satu dengan yang lainnya sehingga air dapat mengalir melalui ruang tersebut. Proses ini disebut rembesan (*seepage*) dan kemampuan tanah untuk dapat dirembes air disebut dengan daya rembes (*permeability*). Rembesan air dalam tanah cukup penting dalam bidang teknik sipil, misalnya untuk memperkirakan jumlah rembesan air dalam tanah, untuk menyelidiki permasalahan-permasalahan yang menyangkut pemompaan air untuk konstruksi di bawah tanah, dan untuk menganalisis kestabilan dari suatu bendungan tanah dan konstruksi dinding penahan tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan semakin rendah koefisien permeabilitasnya.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Penggunaan metode *vertical drain* pola segitiga *single drain* lebih baik dibandingkan dengan metode tanpa *vertical drain*, hal ini disebabkan karena adanya kolom-kolom pasir yang dimiliki oleh metode *vertical drain* sehingga air yang dapat dialirkan atau diserap oleh metode *vertical drain* semakin besar. Pengaruh metode *vertical drain* pola segitiga *single drain* sangat besar terhadap percepatan konsolidasi baik secara vertikal maupun horizontal, karena metode ini menggunakan kolom-kolom drain agar air dalam pori-pori tanah lebih cepat terevakuasi dengan memanfaatkan aliran air arah horizontal.

Kata Kunci : Metode *Vertical Drain*, Daya Rembes (*Permeability*)

**1. PENDAHULUAN**

**A. Latar Belakang**

Masalah drainase di bidang teknik sipil, geoteknik merupakan masalah utama yang sangat penting untuk mendapat perhatian. Masalah yang

muncul akibat tidak berfungsinya konstruksi drainase dapat menimbulkan stabilitas konstruksi menjadi terganggu, proses konsolidasi tanah lempung yang sebenarnya merupakan masalah drainase atau keluarnya air dari dalam pori-pori

tanah ini membutuhkan waktu konsolidasi yang cukup lama, dan masalah-masalah lain yang erat kaitannya dengan masalah pengeringan suatu daerah. Umumnya masalah ini muncul berkaitan dengan karakteristik fisis maupun mekanis tanah menjadi menurun akibat pori-pori tanah terisi oleh air, dan bahkan butir-butir tanah dipisahkan oleh lapisan air, apabila kondisi tanah tergenang.

Secara umum tanah memiliki definisi sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*voidspace*) yang berisi air dan/atau udara. (Das, 1995).

Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan/atau udara. Pori-pori ini selalu berhubungan antara satu dengan yang lainnya sehingga air dapat mengalir melalui ruang tersebut. Proses ini disebut rembesan (*seepage*) dan kemampuan tanah untuk dapat dirembes air disebut dengan daya rembes (*permeability*).

Rembesan air dalam tanah cukup penting dalam bidang teknik sipil, misalnya untuk memperkirakan jumlah rembesan air dalam tanah, untuk menyelidiki permasalahan-permasalahan yang menyangkut pemompaan air untuk konstruksi di bawah tanah, dan untuk menganalisis kestabilan dari suatu bendungan tanah dan konstruksi dinding penahan tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan semakin rendah koefisien permeabilitasnya.

## B. Batasan Masalah

Pada penelitian ini lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi dengan:

1. Sampel tanah yang diuji adalah tanah lempung yang diambil dari Wilayah Labuhan Ratu, Kampus B Universitas Bandar Lampung, Lampung. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan adalah pengujian kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, analisa saringan, analisa hidrometer dan berat volume,
2. Pengujian Konsolidasi serta pengujian pengaliran air tanah pada tanah lempung dengan metode *vertical drain* pola segi tiga *single drain*.

## C. Lokasi

1. Pengambilan sampel di Wilayah Labuhan Ratu, Kampus B Universitas Bandar Lampung, Lampung. Pengujian sifat fisik dan konsolidasi tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.
2. Pengujian penurunan lapis tanah pada tanah lempung dengan metode *vertical drain* pola segi tiga *single drain* dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.

## D. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui dan membandingkan data hasil pengujian penurunan lapis tanah pada tanah lempung dengan dan tanpa pengaruh *Vertical Drain* pola Segitiga.
2. Untuk mengetahui besarnya penurunan tanah yang terjadi akibat *Vertical Drain* kondisi *Single Drain* dan untuk mengetahui lama waktu yang diperlukan untuk penurunan tersebut.
3. Untuk memberikan gambaran tentang pengaruh metode *vertical drain* pada kondisi *single drain* terhadap stabilitas tanah, terutama pada tanah lempung yang memiliki koefisien rembesan yang rendah.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{\gamma_w \cdot m_w} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \dots\dots(3.1)$$

**II. LANDASAN TEORI**

**A. Vertical Drain Pada Kondisi single drain**

Guna mempercepat proses penurunan konsolidasi suatu konstruksi, maka dapat digunakan metode *vertical drain* (drainase vertikal). *Vertical drain* dibuat dengan menggali lubang-lubang yang kemudian diisi dengan pasir halus, pada saat tanah diberi beban, tegangan pori akan timbul pada tanah timbunan dan mengakibatkan drainase vertikal dan horizontal (Das, 1995). Teori *vertical drain* pernah dikemukakan (Rendulic, 1935, dalam Soedarmo D, 1997), dan (Barron. 1948, dalam Suryolelono, K, B, 2000), kemudian oleh (Richart, 1959, dalam Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1990).

Ada dua hal pokok yang harus diketahui dalam mempelajari *Vertical Drain*, yaitu:

1. Regangan Bebas (*Free - Strain*)  
Apabila beban diletakkan di atas permukaan tanah lentur (fleksibel). Distribusi beban permukaan seimbang.
2. Regangan Seimbang (*Equal - Strain*)  
Apabila beban diletakkan di atas permukaan tanah kaku. Penurunan permukaan seluruhnya sama.

Faktor lain yang harus diperhitungkan ialah akibat pelumas (*smear*). Daerah pelumas (*smear zone*) diperoleh dari pembentukan lempung ketika operasi pengeboran dilaksanakan. Pembentukan ini menyebabkan pengurangan koefisien permeabilitas pada arah horizontal / radial.

**B. Konsolidasi Regangan Bebas Tanpa Pelumas (*Free - Strain Consolidation With no Smear*)**

Persamaan dasar teori konsolidasi untuk aliran arah vertikal :

Dalam hal ini :

$$C_v = \text{koefisien konsolidasi} = \frac{k}{\gamma_w \cdot m_w}$$

Untuk drainase radial, berlaku :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_{vr} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right) \dots\dots(3.2)$$

Dalam hal ini :

- u = tekanan air pori
- r = jarak radial rata-rata dari pusat sumuran drainase
- C<sub>vr</sub> = koefisien konsolidasi arah radial

$$C_{vr} = \frac{k_h}{m_v \cdot \gamma_w}$$

Kh = koefisien permeabilitas arah horizontal

Untuk penyelesaian persamaan (3.2) digunakan syarat-syarat batas sebagai berikut :

- a. Untuk : t = 0 → u = u<sub>i</sub>
- b. Untuk : t > 0 → u = 0 dan r = r<sub>w</sub>
- c. Untuk : r = r<sub>e</sub> → ∂u/∂r = 0

$$u = \sum_{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha}^{\alpha \approx \infty} \frac{-2U_1(\alpha)U_0(\alpha_r / r_w)}{[n^2 U_0(\alpha_n) - U_1^2(\alpha_a)]} \exp(-4\alpha^2 n^2 T_r) \dots\dots(3.3)$$

$$n = \frac{r_e}{r_w} \dots\dots(3.4)$$

Dalam hal ini :

- r<sub>e</sub> = jari – jari ekuivalen
- r<sub>w</sub> = jari – jari sumuran *Vertical Drain*

$r_s$  = jari – jari daerah pelumas  
 $d_e$  = diameter ekivalen

$$T_r = \frac{C_{vr} \cdot t}{d^2 e} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana  $T_r$  : Faktor waktu aliran Radial

Derajat konsolidasi rata-rata arah radial :

$$U_r = 1 - \frac{U_{av}}{U_t} \dots\dots\dots(3.6)$$

**C. Konsolidasi Regangan Seimbang Tanpa Pelumas (*Equal - Strain Consolidation With No Smear*)**

Masalah konsolidasi regangan seimbang tanpa pelumas ( $r_w = r_s$ ) dipecahkan oleh Barron (1948).

Tekanan air pori pada waktu  $t$  dan jari-jari =  $r$  :

$$u = \frac{4u_{av}}{d_e^2 F(n)} \left[ r^2 \ln\left(\frac{r}{r_w}\right) - \frac{r^2 - r_w^2}{2} \right] \dots\dots\dots(3.7)$$

Dalam hal ini :  
 $F(n) = \ln(D/d) - 0,75 \dots\dots\dots(3.8)$

Derajat konsolidasi rata-rata drainase radial :

$$U_r = 1 - \exp\left[\frac{-8T_r}{F(n)}\right] \dots\dots\dots(3.9)$$

**D. Pembuatan Vertical Drain**

*Vertical Drain* mempercepat konsolidasi dan sangat membantu pembangunan jalan raya atau lapangan terbang dan penimbunan bendungan tanah yang pemampatannya sangat tinggi. Untuk membangun *Vertical Drain* dengan cara mengebor tanah dimana bangunan akan

dibuat dengan diameter tertentu dengan kedalaman tertentu pula.

Jarak-jarak lubang bor (*drainase vertikal*) dapat dihitung dengan persamaan :

Pola Segitiga :

$$S = \frac{R}{0,525} = 1,905R$$

Setelah pemboran lubang-lubang selesai, maka lubang-lubang; tadi diisi dengan pasir dan biasanya disebut kolom-kolom pasir. Selanjutnya diatas kolom-kolom pasir tersebut ditutup atau diberi selimut (*blanket*) yang berfungsi sebagai drainase horizontal dengan ketebalan tertentu, kira-kira setebal = 0,50 meter. Kemudian baru ditimbun tanah sesuai dengan konstruksi yang direncanakan.

**E. Tipe Drain**

Secara prinsip drain ini harus menjamin pengaliran air ke arah vertikal mencapai lapisan drain horizontal secara bebas atau sekitar drain vertical tidak terjadi penyumbatan pada bidang kontak antara tanah dan dinding drain tersebut. Tipe drain dibedakan menjadi:

**1. Drain konvensional dari bahan granuler**

Tipe ini sudah lama digunakan, dan bahan *drain* terdiri dari pasir atau kerikil yang merupakan bahan *drain konvensional*. Diameter *drain* berkisar antar 18 45 cm. Pemilihan bahan *drain* adalah hal yang paling penting karena bahan tersebut harus lolos air untuk menjamin evakuasi debit air dan kemampuan bahan tersebut menahan butir-butir tanah.

**2. Drain sintesis**

Menurut Magnan (1983) drain sintesis dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori :

- *Drain* karton
- *Drain* plastik
- *Drain* dalam bentuk kantong-kantong

- pasir
- *Drain* berbentuk tali dari bahan jute

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Sampel Tanah

Tanah yang akan diuji adalah jenis tanah lempung yang diambil dari Wilayah Labuhan Ratu, Kampus B Universitas Bandar Lampung, Lampung.

#### B. Metode Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang akan diteliti adalah tanah pada kedalaman 20 cm dari permukaan tanah yang diambil dengan cara mencangkul tanah menggunakan cangkul untuk menghilangkan akar-akar atau batu-batuan serta sampah organik yang terdapat pada tanah sehingga kita mendapatkan tanah yang kita inginkan untuk digunakan sebagai sampel.

#### C. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan dalam 2 tahap, yaitu:

1. Pengujian sifat fisik dan konsolidasi tanah lempung (*soft clay*) yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung.
2. Pengujian Lama waktu pengeringan pada tanah lempung akibat pengaruh metode *vertical drain* pola *segitiga single drain*, yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung.

##### 1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan berdasarkan Standar PB 0110 - 76 atau ASTM - D. 4318. Pengujian - pengujian yang dilakukan antara lain:

#### 1.1 Kadar Air (*Moisture Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen.

- a. Bahan – bahan
  1. Sampel tanah yang akan diuji seberat 25-40 gram sebanyak 3 sampel.
  2. Air secukupnya.
- b. Peralatan yang digunakan
  1. Cawan sebanyak 3 buah
  2. Oven
  3. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- c. Perhitungan
  1. Berat air ( $W_w$ ) =  $W_{cs} - W_{ds}$
  2. Berat tanah kering ( $W_s$ ) =  $W_{ds} - W_c$
  3. Kadar Air ( $\omega$ ) =  $\frac{W_w}{W_s} \times 100\%$

Keterangan:

$W_c$  : Berat cawan yang akan digunakan

$W_{cs}$  : Berat benda uji + cawan

$W_{ds}$  : Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

Perbedaan kadar air diantara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 48,01 % dengan nilai rata-rata.

#### 1.2 Berat Volume (*Moist Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah.

- a. Bahan - bahan
 

Sampel tanah.

- b. Peralatan
1. Ring contoh.
  2. Pisau.
  3. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

- c. Perhitungan
1. Berat ring ( $W_c$ ).
  2. Volume ring bagian dalam ( $V$ ).
  3. Berat ring dan tanah ( $W_{cs}$ ).
  4. Berat tanah ( $W$ ) =  $W_{cs} - W_c$ .
  5. Berat Volume ( $y$ ).

$$\gamma = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3 \text{ atau t/m}^3\text{)}$$

### 1.3 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

- a. Bahan - bahan
1. Sampel tanah lempung seberat 25 gram sebanyak 2 sampel.
  2. Air Suling.
- b. Peralatan
1. Labu Ukur 100 ml / picnometer.
  2. *Thermometer* dengan ketelitian 0,01 °C.
  3. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
  4. *Boiler* (tungku pemanas) atau *Hot plate*.

- c. Perhitungan

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Keterangan :

- $G_s$  : Berat Jenis  
 $W_1$  : Berat picnometer (gram)  
 $W_2$  : Berat picnometer dan tanah kering (gram)  
 $W_3$  : Berat picnometer, tanah dan air (gram)

$W_4$  : Berat picnometer dan air bersih (gram)

### 1.4 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair.

- a. Bahan - bahan
1. Sampel tanah yang telah dikeringkan di udara atau oven.
  2. Air bersih atau air suling sebanyak 300 cc.

- b. Peralatan
1. Alat batas cair (mangkuk *cassagrande*).
  2. Alat pembuat alur (*grooving tool*) ASTM untuk tanah yang lebih plastis.
  3. Spatula.
  4. Gelas ukur 100 cc.
  5. Cawan 12 buah.
  6. Plat kaca.
  7. Porselin dish (mangkuk porselin)
  8. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
  9. Oven.

- c. Perhitungan
- Menghitung kadar air ( $w$ ) masing-masing sampel sesuai dengan jumlah ketukan. Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air. Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar. Menentukan nilai batas cair pada ketukan ke-25 atau  $x = \log 25$ .

### 1.5 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat.

- a. Bahan - bahan
  1. Sampel tanah sebanyak 100 gram yang telah dikeringkan.
  2. Air bersih atau suling sebanyak 50 cc.
- b. Peralatan
  1. Plat kaca.
  2. Spatula.
  3. Gelas ukur 100 cc.
  4. Cawan 3 buah.
  5. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
  6. Oven.
- c. Perhitungan
  1. Nilai batas plastik (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji
  2. Plastik Indek (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus:  

$$PI = LL - PL$$

### 1.6 Analisis Saringan (Sieves Analysis)

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 ( $\emptyset$  0.075 mm).

- a. Bahan - bahan
  1. Tanah asli yang telah dikeringkan sebanyak 500 gram.
  2. Air bersih atau suling sebanyak 1500 cc.
- b. Peralatan
  1. Saringan (sieve) 1 set.
  2. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
  3. Mesin pengetar (sieve shaker).
  4. Kuas halus.
  5. Oven.
  6. Pan.
- c. Perhitungan

1. Berat masing-masing saringan ( $W_{ci}$ ).
2. Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan ( $W_{bi}$ ).
3. Berat tanah yang tertahan ( $W_{ai}$ )  
 $= W_{bi} - W_{ci}$ .
4. Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan diatas saringan ( $\Sigma W_{ai} \approx W_{tot.}$ ).
5. Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan ( $p$ ).

$$Pi = \left[ \frac{(W_{bi} - W_{ci})}{W_{total}} \right] \times 100\%$$

6. Persentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan ( $q$ ) :  
 $qi = 100\% - pi\%$   
 $q(i+1) = qi - p(i+1)$

Keterangan :

$i : 1 =$  (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan nomor 200).

### 2. Pengujian Lama Waktu Pengeringan Pada Tanah Lempung

Pengujian ini bertujuan untuk memberikan informasi lamanya waktu pengeringan pada tanah lempung dengan pengaruh metode *vertical drain* pola segitiga *single drain*.

#### 2.1 Pengujian Konsolidasi Dengan Metode *Vertical Drain* Pola Segitiga *Single Drain*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui lamanya waktu pengaliran air atau penjenahan air pada sampel tanah akibat metode *vertical drain* pola *segitiga single drain*.

- a. Bahan - bahan
  1. Sampel tanah terganggu. (Disturbed sample)

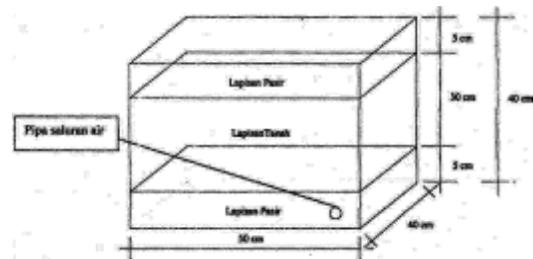
2. Pasir (Sand)
  3. Kertas Saring
  4. Air secukupnya 1500 cc.
- b. Peralatan
1. Kontainer kaca (50 cm x 40 cm x 40 cm).
  2. Saringan no. 4
  3. Pipa dengan diameter lubang ½ inch
  4. Kran air berdiameter ½ inch
  5. Isolatif
  6. Dial konsolidasi
  7. Plat baja seberat 30 kg.
  8. Gelas ukur.
  9. Penumbuk tanah (modified) seberat 4,52kg.

c. Langkah-langkah Pengujian

1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, yaitu kontainer kaca yang telah dilubangi untuk membantu mempercepat pengurangan air pori. Bahan yang digunakan yaitu tanah yang telah dikeringkan dan telah diayak dengan saringan no. 4. Adapun tujuan dari proses pengeringan dan pengayakan tanah adalah untuk mendapatkan tanah yang berbutir kasar dan berkadar air rendah. Menyiapkan kertas saring, adapun tujuan dari menggunakan kertas saring adalah untuk mencegah butir-butir pasir masuk ke dalam tanah tersebut tetapi air masih dapat melaluinya.
2. Memasukkan sampel tanah setebal 15 cm pada lapisan 1 dan lapisan ke-3, sedangkan untuk lapisan yang ke-2 setebal 14cm. Kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk modified. Sehingga tanah dapat menjadi padat, dan ketebalan tanah turun sebesar 3cm, sedangkan dalam 1 kontainer

kaca dilakukan 3 kali pemadatan sebanyak 3 lapis masing-masing lapis setebal 15cm, 14cm, 15cm dipadatkan sebanyak 773 kali, sehingga keseluruhan lapisan tanah setelah dipadatkan menjadi setebal 35 cm

3. Menuangkan air secukupnya pada sampel tanah yang telah dipadatkan sampai sampel tanah tersebut dalam keadaan jenuh. Kondisi penjenjuran air dilakukan selama 3 hari.
4. Melubangi sampel tanah yang telah jenuh dengari menggunakan pipa berdiameter 1,9 cm dengan pola segitiga, lalu memasukkan pasir halus ke dalam lubang, hingga lubang terisi penuh.
5. Memberikan beban yang terbuat dari baja di atas benda uji dengan berat rencana 30 kg.
6. Mengukur besarnya penurunan akibat penambahan beban pada metode vertical drain pola segitiga single drain.
7. Mencatat volume air yang keluar akibat pembebanan.



**Gambar 2.1. Kontainer kaca yang digunakan.**

Pada pengujian pengaruh smear zone sangat kecil, sehingga diabaikan. Diameter lubang vertical drain direncanakan sebesar 1,9 cm (rw) dan R sebesar 5 cm, sehingga nilai S untuk masing-masing pola adalah sebagai berikut:

$$\text{Pola segitiga} = S = \frac{R}{0,525} = 1,905R$$

$$S = 1,905 \times 5 = 9,525 \text{ cm} \approx 9,5 \text{ cm}$$

## 2.2 Pengujian Konsolidasi Tanpa Vertical Drain Dengan Metode Single Drain

Tujuan pengujian ini adalah untuk membandingkan hasil pengujian antara metode *vertical drain pola segitiga single drain* dengan metode tanpa *vertical drain pola segitiga single drain*.

- a. Bahan - bahan
  1. Sampel tanah terganggu. (Disturbed sample)
  2. Pasir (Sand)
  3. Kertas Saring
  4. Air secukupnya.
- b. Peralatan
  1. Kontainer kaca (50 cm x 40 cm x 40 cm).
  2. Saringan no. 4
  3. Pipa dengan diameter lubang ½ inch
  4. Kran air berdiameter ½ inch
  5. Isolatif
  6. Dial konsolidasi
  7. Plat baja seberat 30 kg.
  8. Gelas ukur.
  9. Penumbuk tanah (modified) seberat 4,52kg.
- c. Langkah-langkah Pengujian
  1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, yaitu container kaca yang telah dilubangi untuk membantu mempercepat pengurangan air pori. Bahan yang digunakan yaitu tanah yang telah dikeringkan dan telah diayak dengan saringan no. 4. Adapun tujuan dari proses pengeringan dan pengayakan tanah adalah untuk mendapatkan tanah yang

berbutir halus dan berkadar air rendah, Menyiapkan kertas saring, adapun tujuan dari menggunakan kertas saring adalah untuk mencegah butir-butir pasir masuk ke dalam tanah tersebut tetapi air masih dapat melaluinya.

2. Memasukkan sampel tanah setebal 15 cm pada lapisan 1 dan lapisan ke-3, sedangkan untuk lapisan yang ke-2 setebal 14cm. Kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk modified. Sehingga tanah dapat menjadi padat, dan ketebalan tanah turun sebesar 3 cm, sedangkan dalam 1 kontainer kaca dilakukan 3 kali pemadatan sebanyak 3 lapis masing-masing lapis setebal 15cm, 14cm, 15cm dipadatkan sebanyak 773 kali, sehingga keseluruhan lapisan tanah setelah dipadatkan menjadi setebal 35 cm.
3. Menuangkan air secukupnya pada sampel tanah yang telah dipadatkan sampai sampel tanah tersebut dalam keadaan jenuh. Kondisi penjenjuran air dilakukan selama 3 hari.
4. Memberikan beban yang terbuat dari baja di atas benda uji dengan berat rencana 30 kg.
5. Mengukur besarnya penurunan akibat penambahan beban pada metode *vertical drain pola segitiga*.
6. Mencatat volume air yang keluar akibat pembebanan.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Uji Fisik

#### 1. Analisa Hasil Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air tanah asli dilakukan sebanyak tiga sampel dengan jenis tanah yang sama. Hal ini dimaksudkan agar dapat diperoleh data yang dapat mewakili

sampel secara keseluruhan, dari hasil pengujian tersebut dapat diambil rata-rata kadar air pada tanah tersebut sebesar 48,01 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah yang berasal dari Wilayah Labuhan Ratu, Kampus B Universitas Bandar Lampung, Lampung. Dengan demikian tanah tersebut digolongkan ke dalam jenis tanah lempung berkepadatan rendah.

2. **Analisa Hasil Pengujian Berat Jenis**  
Hasil pengujian berat jenis ( $G_s$ ) yang dilakukan di laboratorium dilakukan dengan pengujian sebanyak dua sampel. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,44 Angka ini menunjukkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam golongan tanah lempung.
3. **Analisa Hasil Pengujian Berat Volume**  
Hasil pengujian berat volume ( $\gamma_w$ ) yang dilakukan di laboratorium dilakukan dengan pengujian sebanyak tiga sampel. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai berat volume sebesar 1,79 gr/cm<sup>3</sup> Angka ini menunjukkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam, golongan tanah lempung.
4. **Analisa Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg**  
Batas cair (*Liquid Limit*) sebesar 32,50% menunjukkan tanah tersebut mengandung mineral *Nontronite* (37% - 72%). Batas plastis (*Plastic Limit*) sebesar 25,40% menunjukkan bahwa tanah tersebut juga mengandung mineral *Kaolinite* (25% - 40%). Dengan melihat kandungan mineral dari sampel tanah tersebut maka tanah tersebut adalah tanah lempung.
5. **Klasifikasi Tanah**  
Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik, sampel tanah yang digunakan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. **Berdasarkan Sistem Klasifikasi Unified**

Persentase tanah yang lolos saringan no.200 sebesar 64,26 % (>50%), dan memiliki indeks plastisitas yang rendah 7,10 % (<50%) sehingga dikelompokkan ke dalam kelompok CL.

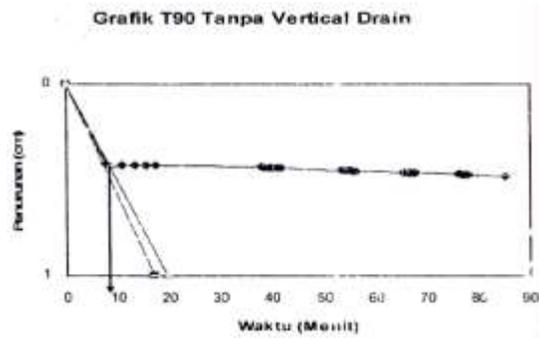
b. **Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO**

Persentase lolos saringan no. 200 sebesar 64.26% (>36%), batas cair (LL) sebesar 32.50% (>41%), batas plastis (PL) sebesar 25,40% (>11%), maka dapat di kelompokkan ke dalam klasifikasi tanah berlempung (A-7-6).

**Hasil Studi Penurunan Tanah Lempung**

1. **Penurunan Tanah Lempung Tanpa Vertical Drain**

Berdasarkan pengamatan di laboratorium didapatkan nilai penurunan untuk tanah lempung uji sebagai berikut :



$\sqrt{t_{90}}$	$t_{90}$
$\sqrt{8,5}$	72,25

**Gambar 4.1. Grafik penurunan tanah tanpa vertical drain hasil pengamatan dengan hitungan teori.**

Dari data yang didapat pada grafik  $t_{90}$  pada penurunan tanah tanpa *vertical drain* maka kita bisa mendapatkan nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) dengan rumus :

$$C_v = \frac{T_v \left( \frac{H}{2} \right)^2}{t_{90}}$$

$$C_v = \frac{0,848 \left( \frac{35}{2} \right)^2}{72,25}$$

$$= 3,594 \text{ cm}^2/\text{det.}$$

Dimana :

$C_v$  : Koefisien Konsolidasi

$T_v$  : Faktor Waktu Konsolidasi  
(0,848)

$H$  : Tinggi Sampel

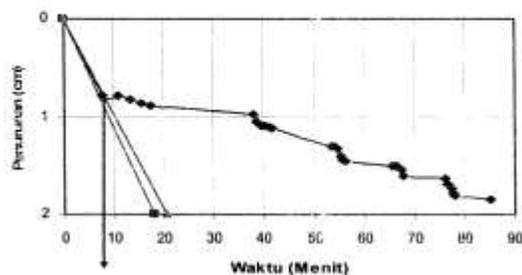
**Tabel 4.1. Data Pengaliran Air Pada Penurunan Tanpa Vertical Drain**

Waktu (Jam)	Volume Air (cc)	Tinggi Sampel H (cm)
1	230	34,58
2	245	34,575
3	255	34,573
4	265	34,572
5	500	34,571
24 jam ke-1	650	34,565
24 jam ke-2	750	34,549
24 jam ke-3	980	34,540
24 jam ke-4	1120	34,529
24 jam ke-5	1195	34,519

## 2. Metode Vertical Drain Dengan Pola Segitiga Single Drain.

Berdasarkan pengamatan di laboratorium didapatkan nilai penurunan untuk tanah lempung uji sebagai berikut :

**Grafik T90 dengan Vertical Drain**



$\sqrt{t_{90}}$	$t_{90}$
$\sqrt{8}$	64

**Gambar 4.2. Grafik penurunan tanah pada pola segitiga single drain hasil pengamatan dengan hitungan teori.**

Dari data yang didapat pada grafik  $t_{90}$  pada penurunan tanah dengan *vertical drain* maka kita bisa mendapatkan nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) dengan rumus :

$$C_v = \frac{T_v \left( \frac{H}{2} \right)^2}{t_{90}}$$

$$C_v = \frac{0,848 \left( \frac{35}{2} \right)^2}{64}$$

$$= 4,057 \text{ cm}^2/\text{det.}$$

Dimana :

$C_v$  : Koefisien Konsolidasi

$T_v$  : Faktor Waktu Konsolidasi  
(0,848)

$H$  : Tinggi Sampel

**Tabel 4.2. Data Pengaliran Air Pada Penurunan dengan Vertical Drain**

Waktu (Jam)	Volume Air (cc)	Tinggi Sampel H (cm)
1	864	34,86
2	895	34,82
3	1035	34,75
4	1100	34,67
5	1135	34,62
24 jam ke-1	1195	34,95
24 jam ke-2	1245	34,63
24 jam ke-3	1275	34,52
24 jam ke-4	1320	34,4
24 jam ke-5	1435	34,36

Pada Tabel 4.2. dapat dilihat bahwa penurunan tanah pada pola segitiga lebih stabil, ini terlihat dari nilai penurunan yang semakin lama semakin besar. Hal ini dikarenakan adanya kolom-kolom

pasir. Pada pemodelan ini penurunannya lebih stabil dibandingkan pada konsolidasi tanpa *vertical drain*.

## Pembahasan

Berdasarkan pengujian sifat fisiknya, tanah termasuk dalam kategori tanah lempung karena memiliki nilai indeks plastisitas sebesar 7,10%. Besarnya penurunan  $t_{90}$  tanpa *vertical drain* adalah 72,25 menit, sedangkan penurunan dengan *vertical drain* pola segitiga yaitu 64 menit.

Berdasarkan hasil uji pengaliran air tanpa *vertical drain* mampu mengalirkan air sebesar 1195 cc selama selang waktu 120 jam.

Berdasarkan hasil uji pengaliran dengan *vertical drain* mampu mengalirkan air sebesar 1435 cc selama selang waktu 120 jam.

Banyaknya kolom pasir yang dimiliki pola segitiga (20 buah) berpengaruh terhadap debit air (Q) yang mampu dialirkan dengan metode *Vertical Drain* pola segitiga *Single Drain*, semakin banyak jumlah kolom pasir: semakin banyak pula debit air yang mampu dialirkan dengan metode *Vertical Drain* pola segitiga *Single Drain*.

Hal ini juga membuktikan bahwa metode *Vertical Drain* pola segitiga *Single Drain* dapat membantu mempercepat pengaliran air pada tanah lempung yang memiliki kemampuan mengalirkan air yang kurang baik.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Tanah lempung yang digunakan sebagai sampel penelitian berasal dari Wilayah

Labuhan Ratu, Kampus B Universitas Bandar Lampung. Memiliki nilai *Plasticity Index* yang rendah  $< 50$  (  $PI = 15,41\%$ ). Berdasarkan klasifikasi tanah menurut AASHTO tanah ini tergolong dalam kelompok A-7-6.

2. Penggunaan metode *vertical drain* pola segitiga *single drain* lebih baik dibandingkan dengan metode tanpa *vertical drain*, hal ini disebabkan karena adanya kolom-kolom pasir yang dimiliki oleh metode *vertical drain* sehingga air yang dapat dialirkan atau diserap oleh metode *vertical drain* semakin besar.
3. Pengaruh metode *vertical drain* pola segitiga *single drain* sangat besar terhadap percepatan konsolidasi baik secara vertikal maupun horizontal, karena metode ini menggunakan kolom-kolom *drain* agar air dalam pori-pori tanah lebih cepat terevakuasi dengan memanfaatkan aliran air arah horizontal.
4. Metode *vertical drain* pola segitiga *single drain* juga mampu mengatasi kesulitan pada pengaliran air secara alami, hal ini dapat dilihat dari volume air yang dapat dikeluarkan dan perubahan volume yang terjadi pada tanah.
5. Lamanya penurunan  $t_{90}$  tanpa *vertical drain* adalah 75,25 menit., sedangkan penurunan dengan *vertical drain* pola segitiga yaitu 64 menit. Berdasarkan nilai penurunan, metode *vertical drain* pola segitiga *single drain* lebih cepat daripada metode tanpa *vertical drain*, ini disebabkan pengaruh *drain*.
6. Berdasarkan hasil uji pengaliran air tanpa *vertical drain* mampu mengalirkan air sebesar 1195 cc selama selang waktu 120 jam. Sedangkan hasil uji pengaliran dengan *vertical drain* mampu mengalirkan air sebesar 1435 cc selama selang waktu 120 jam.

### B. Saran

1. Pada saat pemindahan sampel tarta ke kontainer kaca, sebaiknya kontainer dibuat sekuat mungkin agar kontainer

- kaca tidak mengalami kebocoran saat dilakukan pemadatan secara manual atau konvensional
2. Pemodelan yang digunakan sebaiknya dengari dimensi yang lebih besar lagi agar penuranaan yang terjadi lebih mudah diperhatikan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adha Idharmahadi., *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*, 1992.
2. Bowles Joseph E., *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 1991.
3. Das, dkk., *Mekanika Tanah(Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Erlangga, Jakarta, 1993.
4. Dunn, dkk., *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*, IKIP Semarang Press Semarang, 1992.
5. Hardiyatmo, C.H., *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2003.
6. Ischak dan Nurjannah., *Pengaruh Metode Elektroosmosis Terhadap Pengaliran Tanah Pada Tanah Lempung*, Universitas Lampung, 2005.
7. Suryolelono K, B., *Geosintetik & Geoteknik*, Nafiri, Yogyakarta, 2000.
8. Soedarmo, D., *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta, 1997.
9. Sosrodarsono, S., dan Kazuto Nakazawa, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pridnya Paramita , Jakarta, 1990.
10. Verhoef, P. N. W., *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta, 1994.

# INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

## JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

### Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
  - a. Hasil penelitian, atau
  - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetakannya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolah kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

### Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
  - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
  - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
  - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
  - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
  - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya, ); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituskan huruf miring.

  - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
  - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
  - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
  - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
  - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.