

Pengaruh Kedalaman Pemasangan *Vertical Drains* dengan Pemodelan Tanah di Laboratorium

Azzahra Nadia Putri¹⁾, Istiatun²⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI Depok, 16424.
Email: azzahranadptr@gmail.com, istiatun@sipil.pnj.ac.id

Abstrak

Pada umumnya tanah lunak memiliki daya dukung yang kurang baik, juga mudah memampat bila menerima beban. Pemampatan yang terjadi akan sangat lama karena tanah lunak memiliki sifat pemampatan yang sangat kecil. Untuk mempercepat pemampatan yang terjadi dipasang *vertical drains*. Kedalaman *vertical drains* yang dipasang akan berpengaruh terhadap derajat konsolidasi yang terjadi pada tanah lunak. Untuk mengetahui pengaruh tersebut dilakukan uji pemodelan di laboratorium menggunakan bak uji berukuran 60 cm x 80 cm x 90 cm dengan tinggi lapisan tanah adalah 50 cm. Kedalaman *vertical drains* yang dipasang adalah 50 cm, 40 cm, 30 cm dan 20 cm. Tanah yang digunakan adalah tanah lunak Hambalang dengan klasifikasi menurut USCS, termasuk lanau (MH) dan menurut AASTHO yaitu A-7-5. Pemberian beban preloading dan waktu pembebanan pada setiap variasi kedalaman *vertical drains* adalah sama. Besarnya penurunan dicatat dan dibandingkan dengan penurunan total untuk mengetahui derajat konsolidasi yang dicapai. Nilai derajat konsolidasi yang diperoleh pada kedalaman pemasangan *vertical drains* 50 cm, 40 cm, 30 cm, dan 20 cm adalah 47,75%; 47,58%; 37,40%; dan 34,06%. Dapat disimpulkan bahwa semakin dalam pemasangan *vertical drains*, maka semakin besar nilai derajat konsolidasi yang dicapai.

Kata kunci: derajat konsolidasi, penurunan, preloading, tanah lunak, *vertical drains*.

Abstract

In general, soft soil has a poor bearing capacity, and it is easy to compress when there is load on top of it. The compression that occurs will take a very long time because soft soil has very little compression properties. To speed up the compression that occurs, a vertical drains is installed. The depth of the vertical drains that is installed will affect degree of consolidation that occurs in soft soil. To determine the effects of vertical drains, we do the test by making a modeling soil using a test tube measuring 60 cm x 80 cm x 90 cm with a soil layer height of 50 cm. The variations of vertical drains that installed are 50 cm, 40 cm, 30 cm and 20 cm. The soil used is soft soil from Hambalang with classification according to USCS, the soil is elastic silt (MH) and according to AASTH, the soil is A-7-5. The preloading method and the time we take for each variations of vertical drains depth are the same. The result of soil lowering at that time, compared to the value of total lowering to see the degree of consolidation achieved. The degree values obtained at the vertical drains installation depth of 50 cm, 40 cm, 30 cm, and 20 cm are 47.75%; 47.58%; 37.40%; and 34.06%. It can be concluded that the deeper the vertical drains is installed, the greater the value of the degree of consolidation achieved.

Keywords: degree of consolidation, preloading, settlement, soft soil, *vertical drains*.

1. PENDAHULUAN

Pada bidang konstruksi sipil, tanah mempunyai peran yang sangat penting sebagai penunjang utama pembangunan (Pratama, 2015). Permasalahan yang terjadi pada proses pembangunan konstruksi berlangsung, umumnya diakibatkan oleh tanah lunak yang memiliki koefisien permeabilitas yang rendah dan daya dukung yang kurang baik (Suroso dkk., 2008). Sifat tanah yang kurang menguntungkan ini, sangat berpotensi mengakibatkan terjadinya penurunan tanah pada saat proses pembangunan sedang

berlangsung yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan struktur (Gunawan, 2014). Penurunan yang terjadi memakan waktu yang sangat lama. Oleh karena itu, pada pembangunan konstruksi yang didirikan diatas tanah lunak, melakukan percepatan penurunan konsolidasi sangat perlu dilakukan.

Pada saat tanah dengan permeabilitas rendah mengalami berkurangnya volume secara perlahan akibat berkurangnya angka pori tanah, hal ini yang disebut dengan proses konsolidasi (Puspita, 2017). Untuk mempercepat waktu konsolidasi, dilakukan pembebanan awal

(*preloading*) sebelum beban bangunan asli berdiri di atas tanah tersebut (Dian Utami dkk., 2018). Untuk mempercepat proses *preloading*, dikombinasikan dengan pemasangan vertical drains yang berfungsi untuk memperpendek lintasan aliran air dalam tanah (Juniarto, 2011).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu diketahui jenis dari tanah yang akan digunakan. Untuk mengetahui sifat fisis tanah didasarkan oleh komposisi dari tanah tersebut, dimana tanah lunak memiliki dua jenis yaitu lapisan lempung dan lapisan lanau (Fathurrozi, 2016). Dengan diketahuinya tanah lunak tersebut, penelitian dilakukan dengan membuat pemodelan tanah pada bak uji yang dipasang vertical drains dengan variasi kedalaman berbeda-beda menggunakan bahan dari geotekstil yang kemudian dilakukan *preloading* selama waktu 96 jam, akan menghasilkan penurunan atau pemampatan pada tanah.

Tujuan dari penelitian ini, antara lain mengetahui klasifikasi tanah dari Hambalang, untuk mengetahui besar penurunan tanah total akibat beban *preloading* secara teoritis, untuk mengetahui nilai derajat konsolidasi yang diperoleh akibat beban *preloading* dengan kedalaman vertical drains yang berbeda pada waktu yang telah ditentukan berdasarkan pemodelan di laboratorium dan mengetahui pengaruh dari kedalaman vertical drains terhadap derajat konsolidasi pada waktu yang telah ditentukan berdasarkan pengujian di laboratorium.

Sesuai dengan tujuan, penelitian ini memiliki manfaat antara lain memberikan wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca khususnya tentang penerapan mata kuliah geoteknik, yaitu: perbaikan tanah, maupun ilmu-ilmu teknik sipil pada umumnya dan menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait sebagai solusi alternatif dalam perbaikan tanah lunak pada suatu rencana pembangunan.

2. METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi dilakukannya penelitian ini dapat dilihat di Gambar 1, lokasinya adalah di Laboratorium Mekanika Tanah, Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Jawa Barat.

Tanah yang digunakan untuk melakukan penelitian diambil di Hambalang pada

kedalaman 0,5 – 1 m. Tanah asli Hambalang digunakan untuk dilakukan pengujian sifat fisis untuk mengetahui kadar air, nilai batas cair, nilai batas plastis, gradasi dan berat jenis yang dibutuhkan untuk memastikan klasifikasi tanah tersebut.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian berlangsung

Tahapan Penelitian

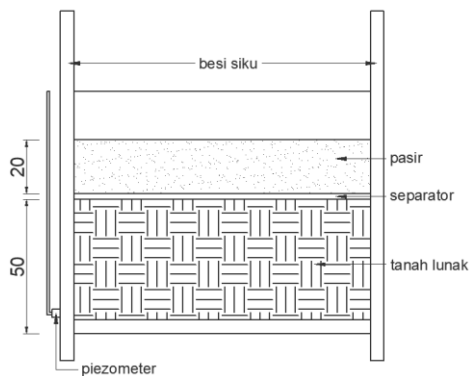
Penelitian dilakukan berdasarkan tahapan berikut :

1. Persiapan alat dan bahan penelitian
2. Pengambilan tanah asli dan tanah untuk membuat pemodelan dari Hambalang
3. Pengujian sampel tanah asli Hambalang, yaitu pengujian sifat fisis dan mekanis, antara lain :
 - a. Kadar air
 - b. Berat jenis
 - c. Gradasi
 - d. Hidrometer
 - e. Atterberg
 - f. Konsolidasi
4. Melakukan penelitian konsolidasi pada tanah lunak Penelitian kali ini, dilakukan dengan membuat pemodelan tanah pada bak uji berukuran 60 cm x 80 cm x 90 cm, seperti pada Gambar 2. Tahapan pembuatan model tersebut adalah :
 - 1) Masukkan tanah dari dasar bak uji sampai ketinggian 50 cm.
 - 2) Memasang piezometer dan lakukan fase penjenjuran.
 - 3) Pasang vertical drains pola segiempat dengan variasi kedalaman 20 cm.
 - 4) Memasang lapisan separator.
 - 5) Masukkan pasir diatas tanah setebal 20 cm sebagai *preloading*, baca dial dengan waktu *preloading* selama 96 jam.
 - 6) Melakukan model berikutnya dengan langkah yang sama dengan

kedalaman *vertical drains* 30 cm, kemudian 40 cm dan terakhir 50 cm.

5. Analisis data

Dilakukan analisis data dengan menggunakan data yang diperoleh pada pengujian tanah asli dan pengujian pada pemodelan tanah.



Gambar 2. Ilustrasi keadaan bak uji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Tanah Asli Hambalang

Data sifat fisis tanah asli Hambalang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Sifat fisis tanah asli

Parameter	Nilai
Kadar Air (ω)	31,61%
Berat Jenis (G_s)	2,68
Berat Volume (γ)	1,321 t/m ³

Menurut Das (1988), dengan nilai sifat fisis tanah seperti pada tabel diatas, tanah dapat diidentifikasi sebagai tanah lunak.

Berdasarkan data hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer, tanah lunak dapat dikelompokkan lagi dengan menggunakan sistem klasifikasi metode USCS dan AASTHO dibawah ini.

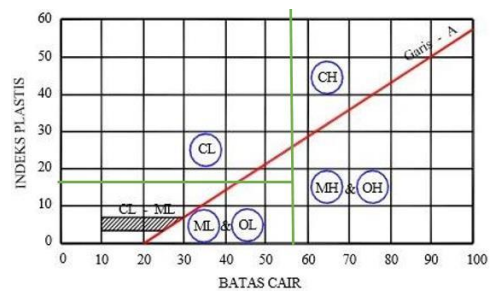
USCS

Klasifikasi tanah dengan metode USCS, sebagai berikut :

- Lolos saringan no.200 = 94,35%. Tanah termasuk tanah berbutir halus.
- Batas cari (LL) = 54,71% dan indeks plastisitas (PI) = 18,19%. Tanah termasuk lanau atau lempung.

Dengan grafik hubungan batas cair dan indeks plastisitas untuk menentukan kelompok tanah

(Craig, 1991) pada Gambar 3, dapat diklasifikasikan tanah asli Hambalang termasuk kedalam kelompok klasifikasi MH atau lanau plastis.



Gambar 3. Grafik hub. LL dan PI

AASTHO

Klasifikasi tanah dengan metode AASTHO sebagai berikut :

- Lolos saringan no.200 = 94,35%. Klasifikasi tanah adalah lanau atau lempung.
- Batas cari (LL) = 54,71% dan indeks plastisitas (PI) = 18,19%. Klasifikasi tanah adalah A-7.
- Karena nilai batas plastis (PL) = 36,51% > 30. Klasifikasi tanah adalah A-7-5.
- Menurut Tabel 2 perbandingan sistem unified dengan AASTHO, A-7-5 dikelompokkan sebagai tanah MH.

Tabel 2. Perbandingan sistem unified dan AASTHO

Kelompok tanah Dalam Sistem Unified	Kelompok tanah menurut sistem AASTHO		
	Paling mungkin	Mungkin	Mungkin Tapi jarang
SM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6, A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-4	A-6, A-7-5	-
CL	A-5, A-7-6	A-4	-
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6	-
MH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	-
OH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
PT	-	-	-

Sumber : Braja M. Das, Jilid 1. (1988)

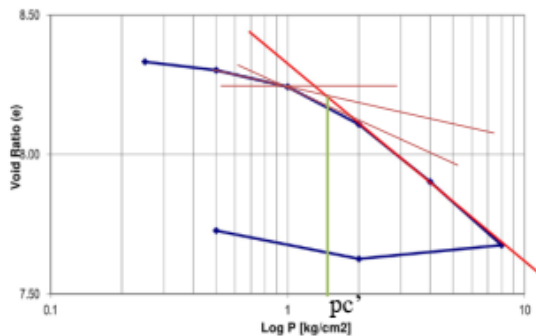
Penurunan Tanah Total (Sc)

Tanah yang digunakan dalam pengujian, memiliki sifat-sifat mekanis seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat mekanis tanah asli

Jenis Pengujian	Nilai	Satuan
Direct Shear	ϕ	21,31
	c	0,088
Triaxial UU	ϕ	12,485
	c	0,194
Unconfined Compression	qu	0,571
	qu'	0,5125
Consolidation	St	1,118
	cu	0,2855
Consolidation	Cc	0,678333
	Cv	0,039657

Hasil dari pengujian konsolidasi tanah asli Hambalang, diperoleh grafik angka pori-log p. Dikarenakan tanah terkonsolidasi secara berlebihan (*over consolidated*), maka dicari nilai tekanan prakonsolidasi (pc') dengan cara yang disarankan Casagrande (1936) menggunakan grafik hubungan angka pori-log p (Das, 1988) seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik angka pori-log p

Penelitian ini menggunakan tanah yang jenuh air (*saturated*). Pada tanah dengan keadaan *saturated*, berat volume tanah jenuh dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{G_s \gamma_w + e \gamma_w}{1 + e} = \frac{(G_s + e) \gamma_w}{1 + e} \quad (1)$$

Pada tanah dengan kondisi jenuh, dihitung berat volume efektifnya (γ') dengan persamaan berikut :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (2)$$

Maka, dicari berat volume efektif tanah jenuh, dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e) \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,68 + 1,427) 1}{1 + 1,427} \quad (1)$$

$$\gamma_{sat} = 1,692 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (2)$$

$$= 1,692 - 1$$

$$\gamma' = 0,692 \text{ gr/cm}^3$$

Karena tanah terkonsolidasi secara berlebihan (*over consolidated*), maka nilai *swelling index* (C_s) digunakan. Dimana nilai C_s memiliki persamaan berikut,

$$C_s = \frac{1}{5} \text{ sampai dengan } \frac{1}{10} \cdot C_c \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan (3), maka digunakan nilai C_s sebagai berikut,

$$C_s = \frac{1}{5} \cdot C_c \quad (3)$$

$$= \frac{1}{5} \cdot 0,72 = 0,144$$

Untuk menentukan persamaan penurunan total, besar tekanan di permukaan tanah adalah :

$$po' = 0,5 \cdot H \cdot \gamma' \quad (4)$$

$$= 0,5 \cdot 50 \cdot 0,692$$

$$po' = 17,305 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta p = \gamma_{pasir} \cdot H_{pasir}$$

$$= 1,532 \cdot 20$$

$$\Delta p = 30,64 \text{ gr/cm}^2$$

$$pc' = 1,6 \text{ kg/cm}^2 \text{ (grafik angka pori-log p)}$$

Dikarenakan syarat yang dipenuhi adalah sebagai berikut,

$$(po' + \Delta p) < pc' \quad (6)$$

$$(0,4795 \text{ kg/cm}^2) < 1,6 \text{ kg/cm}^2$$

Maka, untuk menghitung besar penurunan total (Sc) secara teoritis, persamaan yang digunakan adalah :

$$S_c = \frac{C_s \cdot \Delta H}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{po' + \Delta p}{po'} \right) \quad (7)$$

$$S_c = \frac{0,144 \cdot 50}{1 + 1,427} \cdot \log \left(\frac{17,305 + 30,064}{17,305} \right)$$

$$S_c = 1,313 \text{ cm}$$

Derajat Konsolidasi (U%)

Nilai derajat konsolidasi (U) yang diperoleh dari pemodelan di laboratorium dengan persamaan :

$$U\% = \frac{St}{Sc} \quad (8)$$

dimana,

St = Penurunan sesaat

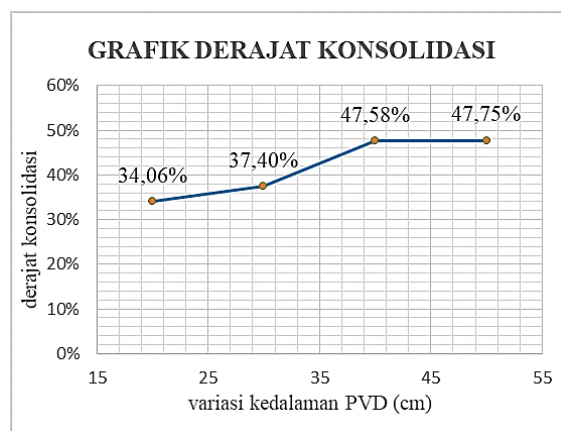
Sc = Penurunan primer total

Dengan besar penurunan pada waktu 96 jam (St) seperti pada Tabel 4 di bawah, didapatkan nilai derajat konsolidasinya.

Tabel 4. Derajat konsolidasi saat waktu 96 jam

Variasi	St	U
	mm	
50 cm	6,27	47,75%
40 cm	6,25	47,58%
30 cm	4,91	37,40%
20 cm	4,47	34,06%

Perbedaan nilai U% pada tiap variasi vertical drains dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 5 berikut.



Sumber : Olahan pribadi

Gambar 5. Grafik perbedaan U% tiap variasi

Pengaruh Vertical drains

Pemasangan *vertical drains* mempengaruhi lamanya waktu terjadinya konsolidasi. Terutama pada nilai Ch (Aspar, 2017). Berikut adalah nilai koefisien konsolidasi arah vertikal (Cv) dan arah horizontal (Ch) dengan waktu konsolidasi selama 96 jam pada Tabel 5. Pada umumnya, nilai Ch dianggap 1 sampai 3 kali Cv (Mochtar, 2000). Digunakan nilai Ch = 2 Cv.

Tabel 5. Koefisien konsolidasi pemodelan

Variasi	Cv	Ch	Satuan
50 cm	0,00017472	0,000349	cm ² /s
40 cm	0,00017384	0,000348	cm ² /s
30 cm	0,00012604	0,000252	cm ² /s
20 cm	0,000112073	0,000224	cm ² /s

Dilapangan, nilai derajat konsolidasi yang dibutuhkan supaya dapat dilakukannya pembangunan, yaitu U sebesar 90%. Untuk mengetahui lamanya waktu konsolidasi yang dibutuhkan untuk mencapai U 90%, digunakan persamaan waktu konsolidasi menurut Hansbo,

(1979), dengan menggunakan nilai Ch pemodelan yang diperoleh pada tabel 5.

$$t = \left(\frac{D^2}{8C_h} \right) \cdot 2 F(n) \cdot \ln \left(\frac{1}{1-U_h} \right) \quad (9)$$

Didapatkan hasil untuk waktu konsolidasi mencapai U 90% pada pemodelan seperti pada Tabel 6 di bawah.

Tabel 6. Waktu konsolidasi saat U 90%

Variasi	t	Satuan
50 cm	340	jam
40 cm	342	jam
30 cm	472	jam
20 cm	531	jam

4. SIMPULAN

Hasil pengujian sifat fisis tanah asli Hambalang diklasifikasikan dengan metode USCS tanah termasuk MH dan sistem AASTHO tanah termasuk A-7-5. Menurut teoritis, tanah lunak tersebut memiliki nilai penurunan total (Sc) sebesar 1,131 cm. Pada penelitian ini, diperoleh besar penurunan tanah pemodelan pada waktu preloading 96 jam (St) yang kemudian dibandingkan dengan besar penurunan total (Sc), sehingga dapat diperoleh nilai derajat konsolidasi (U) pada kedalaman pemasangan vertical drains 50 cm, 40 cm, 30 cm, dan 20 cm adalah 47,75%; 47,58%; 37,40%; dan 34,06%. Dapat disimpulkan bahwa semakin dalam pemasangan vertical drains, maka semakin besar nilai derajat konsolidasi yang dicapai.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada pihak BTAM, berkat dana bantuan yang telah diberikan, penelitian kami dapat berlangsung dengan lancar sampai selesai.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aspar, Wimpie A.N., dkk., 2017. Perhitungan Kembali Nilai Koefisien Konsolidasi pada Perbaikan Tanah Lempung Lunak. Institut Sains Teknologi Al-Kamal.
- Craig, R. F., 1991. Mekanika Tanah. Jakarta: PT. Erlangga.
- Das, Braja M., (1988). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Terjemahan oleh Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar. Jilid I. Jakarta: Erlangga

- Dian Utami, dkk., 2018. Desain Prefabricated Vertical drains (PVD) pada Rencana Pembangunan Depo Kontainer di Kawasan Berikat Nusantara (KBN), Cakung-Clinging, Jakarta Utara. Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Fathurrozi, Rezqi, F., 2016. Sifat-sifat Fisis dan Mekanis Tanah Timbunan Badan Jalan Kuala Kapuas. Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Gunawan, Sumiyati, 2014. Percepatan Penurunan Sampah Plastik sebagai Drainase Vertikal. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Hansbo, S. "Consolidation of Clay by Band Shaped Prefabricated Drains," *Ground Engineering*, 1979 Vol. 12, No. 5, hal.16-25.
- Juniarto., 2011. Analisa Waktu Penurunan Tanah dengan Kombinasi Metode Preloading dan Prefabricated Vertical drains (PVD) antara Pola Segitiga dan Persegi pada Perbaikan Tanah. Universitas Gunadarma.
- Mochtar, Indrasurya B., 2000. Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils).
- Pratama, D.R., dkk., 2015. Perilaku Penurunan Tanah terhadap Dry Side of Optimum dan Wet Side of Optimum pada Kepadatan Tanah Organik. Lampung: Universitas Lampung.
- Puspita, N., Capri, A., 2017. Analisa Penurunan Tanah Lunak dengan Beberapa Metode Konsolidasi pada Proyek Jalan Tol Palindra. Universitas Indo Global Mandiri (UIGM).
- Suroso, dkk., 2008. Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay) Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk. Universitas Brawijaya Malang.