

Percepatan Konsolidasi Dengan Menggunakan *Vertical Drain*

Kevin Kindangen¹, Steeva G. Rondonuwu², Alva N. Sarajar³

Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

¹kvnkindangen0303@gmail.com; ²steeva_rondonuwu@yahoo.com; ³alva_sarajar@yahoo.com

Abstrak - Penurunan konsolidasi pada tanah lempung lunak tidak dapat dihindari, jenis tanah lempung lunak memiliki koefisien rembesan yang rendah sehingga proses konsolidasi pada tanah ini akan memakan waktu yang lama. Teknologi perbaikan tanah yang semakin berkembang dapat mengatasi permasalahan ini, salah satunya dengan mempercepat waktu konsolidasi dengan menggunakan vertical drain. Penggunaan vertical drain dapat mempercepat terjadinya konsolidasi pada tanah lempung lunak. Dalam penelitian ini, penggunaan vertical drain pada tanah lempung lunak diuji dalam model 1 sel vertical drain pada alat uji konsolidasi yaitu, odometer. Uji konsolidasi dengan odometer dilakukan di laboratorium, dengan mengambil material kerukan Danau Tondano sebagai sampel. Pengujian ini dilakukan dengan dan tanpa vertical drain. Perbandingan percepatan konsolidasi, digunakan 2 parameter konsolidasi yaitu koefisien konsolidasi (C_v) dan indeks pemampatan (C_c). Dari hasil tes diperoleh nilai C_v sebesar 0,0123 cm²/menit dengan vertical drain dan sebesar 0,0091 cm²/menit tanpa vertical drain. Sedangkan nilai C_c sebesar 0,658 dengan vertical drain, dan 0,598 tanpa vertical drain. Penelitian ini membuktikan teori bahwa dengan menggunakan vertical drain proses konsolidasi pada tanah lunak yang memakan waktu lama dapat dipersingkat. Ini memberikan referensi dan manfaat bagi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan maksud untuk percepatan konsolidasi.

Kata kunci — tanah lempung, konsolidasi, vertical drain

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah merupakan materi dasar yang menerima sepenuhnya penyaluran beban yang ditimbulkan akibat dari bangunan konstruksi di atasnya. Sifat fisik tanah di Danau Tondano merupakan material lempung, (Moningga, dkk, 2015).

Tanah lempung memiliki koefisien rembesan (k) yang sangat rendah sehingga proses penurunan pada tanah ini akan terjadi dalam waktu yang cukup lama. Kondisi penurunan konsolidasi ini bisa berbahaya jika dalam pembangunan suatu

struktur diatas tanah lempung tidak dilakukan peninjauan lebih lanjut, karena proses ini bisa berlangsung selama berbulan-bulan, bahkan bertahun-tahun. Oleh karena itu, diperlukan metode perbaikan tanah untuk memperbaiki tanah lempung jika akan didirikan struktur di atasnya. Untuk itu diperlukan metode perbaikan untuk tanah jenis ini seperti memasang vertical drain. Prinsip kerja dari vertical drain konvensional dan PVD adalah sama yaitu mempersingkat time rate of settlement atau waktu terjadinya penurunan.

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi salah satu referensi awal, dalam penggunaan material kerukan sebagai timbunan, sehingga mampu membantu dalam mengurangi sedimentasi yang terjadi di Danau Tondano, namun tentu saja penggunaan material kerukan berupa tanah lempung lunak ini membutuhkan waktu yang tidak cepat akibat permeabilitas yang relatif rendah.

B. Rumusan Masalah

1. Pemeriksaan tanah hanya meliputi beberapa sifat fisik seperti berat jenis, konsistensi tanah, kadar air dan analisa hidrometer.
2. Pengujian penurunan konsolidasi menggunakan konsolidometer (dengan dan tanpa Vertical Drain).
3. Tanah yang diuji merupakan material kerukan Danau Tondano.
4. Parameter konsolidasi yang dianalisa adalah C_c dan C_v

C. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Membandingkan konsolidasi dari tanah kerukan danau Tondano dengan dan tanpa Vertical Drain.
2. Mendapatkan nilai parameter konsolidasi C_c

D. Tujuan Penelitian

Memberikan rekomendasi perbaikan tanah lunak dengan menggunakan vertical drain.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bagan Alir

Kegiatan penelitian mengikuti bagan alir pada Gambar 1.

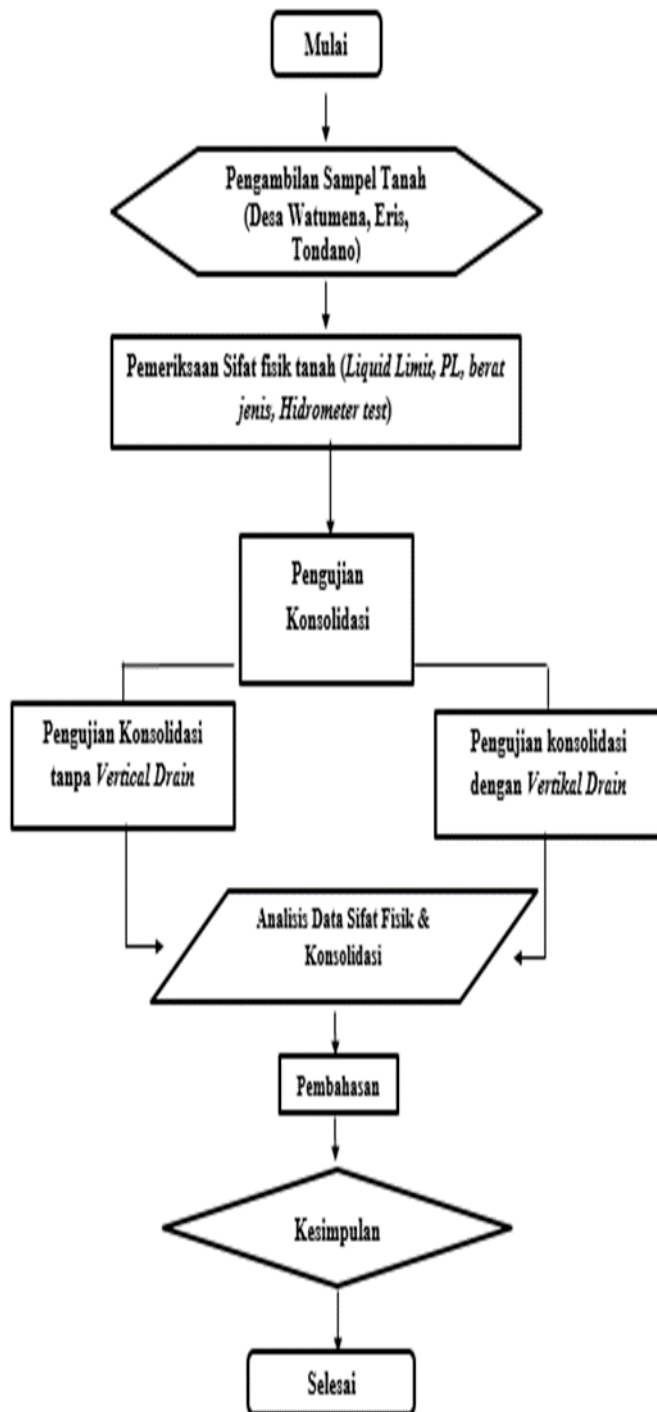
Kevin Kindangen adalah mahasiswa tingkat akhir jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada bidang Geoteknik (email : kvnkindangen0303@gmail.com);

Steeva G. Rondonuwu adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Geoteknik (email : steeva_rondonuwu@yahoo.com)

Alva N. Sarajar adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Geoteknik (email : alva_sarajar@yahoo.com)

B. Umum

Pada penelitian ini, penulis mengambil sampel tanah dari kerukan danau Tondano untuk dianalisa sifat fisik dan parameter konsolidasi dari tanah tersebut, tanpa vertical drain dan dengan vertical drain.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

C. Cara Analitis

Dalam menganalisis percepatn konsolidasi pada tanah kerukan ini, penulis melakukan dengan 5 tahapan yaitu :

1. Menganalisis Jenis dan sifat fisik tanah

2. Menganalisa konsolidasi dengan standar ASTM menggunakan oedometer.
3. Menganalisa percepatan konsolidasi dengan menggunakan oedometer dengan variasi tekanan 10 kPa/10 menit tanpa vertical drain.
4. Menganalisa percepatan konsolidasi dengan menggunakan oedometer dengan variasi tekanan 10 kPa/10 menit menggunakan vertical drain.
5. Membandingkan percepatan konsolidasi dengan dan tanpa vertical drain.

D. Lokasi dan Metode Pengumpulan Data

Data pokok yang dibutuhkan dalam analisis ini ada dua macam yaitu :

- Data Sifat Fisik Tanah
Untuk mengetahui sifat fisik tanah maka dilakukan pemeriksaan di laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratualangi berupa :
 - Kadar air
 - Berat jenis
 - Analisa saringan (hidrometer tes)
 - Batas-batas Atterberg
- Data Konsolidasi
Data konsolidasi adalah data utama dalam penelitian ini. Percobaan konsolidasi menggunakan alat oedometer yang dilakukan di laboratorium. Percoabaan ini dilakukan dalam beberapa variasi tekanan, antara lain :
 - Konsolidasi standar ASTM
 - Konsolidasi variasi tekanan 10 kPa/10 menit tanpa Vertical Drain
 - Konsolidasi variasi tekanan 10 kPa/10 menit dengan Vertical Drain.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Data Tanah

E. Analisa Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah dihitung menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan klasifikasi tanah berdasarkan standar USCS.

F. Menghitung Penurunan Konsolidasi

Setelah dilakukan analisa sifat fisik tanah maka dilakukan perhitungan terhadap konsolidasi menggunakan metode Cassagrande (penurunan pada saat T50).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

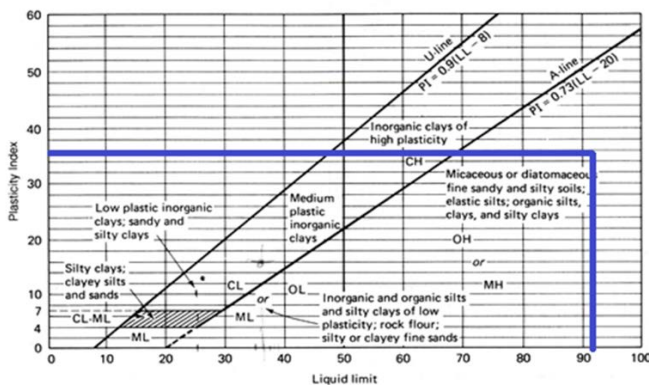
A. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah dari sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIK TANAH

| Berat Jenis (G _s) | Batas Cair LL (%) | Batas Plastis (%) | Indeks Plastis IP (%) |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 2.4 | 92 | 56 | 36 |

Berdasarkan nilai berat jenis dan batas-batas Atterberg, maka nilai LL dan IP diplot dalam grafik di bawah ini :



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Tanah Pada Diagram Plastisitas

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa material tanah tergolong dalam klasifikasi MH/OH, dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

| Klasifikasi | Deskripsi | Diagram plastisitas |
|-----------------------------|---|---------------------|
| | | |
| Tanah dengan organik tinggi | ML: Lempung tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau bertempung | |
| | CL: Lempung tak organik dengan batas cair 50% atau kurang | |
| Tanah dengan organik rendah | OL: Lempung organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah | |
| | MH: Lempung tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis | |
| | CH: Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays) | |
| | DH: Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi | |

Gambar 4. Klasifikasi Tanah Menurut USCS

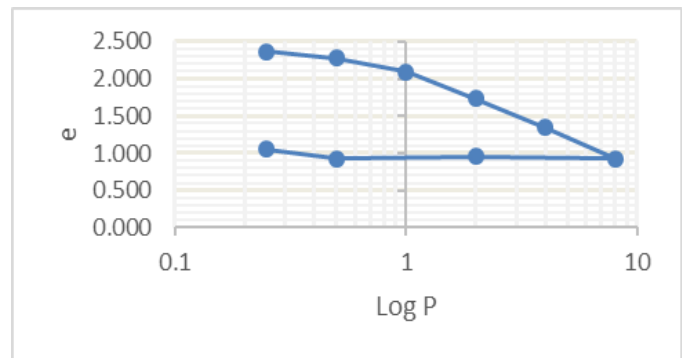
B. Pengujian Konsolidasi Standar ASTM D 2435-96

a. Indeks pemampatan (C_c)

TABEL 2. HASIL TEKAPAN ANGKA PORI ASTM 2435-96

| Tekanan (Kg/cm ²) | Angka Pori (e) |
|-------------------------------|----------------|
| 0.25 | 2,369 |
| 0.5 | 1,527 |
| 1 | 1,346 |
| 2 | 1,166 |
| 4 | 0,978 |
| 8 | 0,927 |

Tabel tersebut kemudian dibuat grafik seperti Gambar 5.



Gambar 5. Grafik e vs.log P

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log \frac{p_2'}{p_1'}} = \frac{1,6 - 1,1}{\log \frac{5}{1}} = 1,257$$

b. Koefisien konsolidasi (C_v)

Koefisien konsolidasi dihitung menggunakan metode Casagrande, dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 3.

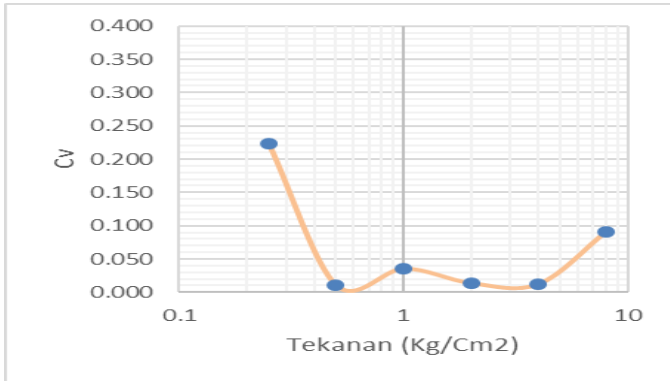
TABEL 3. HASIL PERHITUNGAN KOEFISIEN KONSOLIDASI

| Tekanan (Kg/cm ²) | C _v (cm ² /menit) |
|-------------------------------|---|
| 0.25 | 0,223 |
| 0.5 | 0,010 |
| 1 | 0,035 |
| 2 | 0,014 |
| 4 | 0,012 |
| 8 | 0,091 |

c. Konsolidasi dengan variasi tekanan 10 kPa/10 Menit (dengan dan tanpa vertical drain)

Untuk membandingkan percepatan konsolidasi pada penelitian ini, dilakukan percobaan menggunakan odometer dengan variasi tekanan 10 kPa/10 menit dengan dan tanpa

Vertical Drain. Dalam analisa perhitungan, dilakukan analisa terhadap indeks pemampatan (C_c) dan koefisien konsolidasi (C_v).



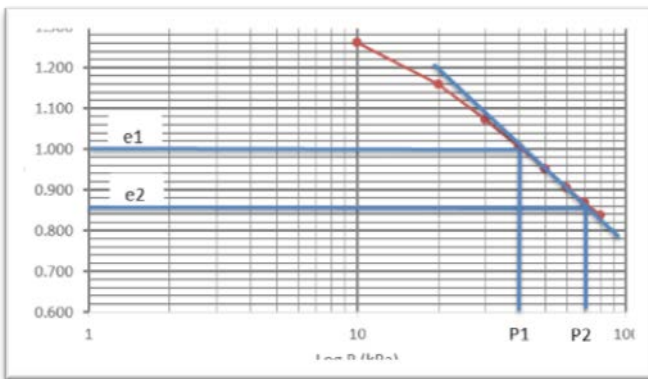
Gambar 6. Grafik C_v vs. Tekanan

d. Indeks Pemampatan (C_c) sampel tanpa vertical drain

Dari hasil percobaan di laboratorium dilakukan analisa perhitungan, sehingga menghasilkan angka pori pada masing masing tekanan 10 kPa/ 10 menit. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN ANGKA PORI PADA SAMPEL TANPA VERTICAL DRAIN

| Tekanan (kPa) | Angka Pori (e) |
|---------------|----------------|
| 10 | 1,260 |
| 20 | 1,158 |
| 30 | 1,072 |
| 40 | 1,005 |
| 50 | 0,951 |
| 60 | 0,906 |
| 70 | 0,869 |
| 80 | 0,8374 |



Gambar 7. Grafik Tekanan vs. Angka Pori pada Tekanan 10 kPa /10 menit tanpa vertical drain.

Dari grafik pada Gambar 7 akan diperoleh angka e_1 , e_2 , p_1 dan p_2 untuk perhitungan C_c dimana perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

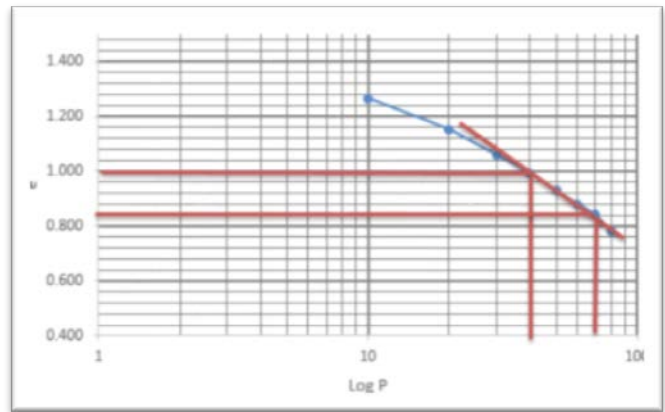
$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log \frac{p_2'}{p_1'}} = \frac{1 - 0,84}{\log \frac{70}{40}} = 0,658 \text{ (tanpa vertical drain)}$$

e. Indeks Pemampatan (C_c) sampel dengan vertical drain

Langkah penelitian dan analisis data sama seperti sampel yang tidak memakai vertical drain. Hasil perhitungan angka pori pada masing-masing tekanan dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5. HASIL PERHITUNGAN ANGKA PORI PADA SAMPEL DENGAN VERTICAL DRAIN

| Tekanan (kPa) | Angka Pori (e) |
|---------------|----------------|
| 10 | 1,267 |
| 20 | 1,154 |
| 30 | 1,061 |
| 40 | 0,994 |
| 50 | 0,930 |
| 60 | 0,882 |
| 70 | 0,8426 |
| 80 | 0,7819 |



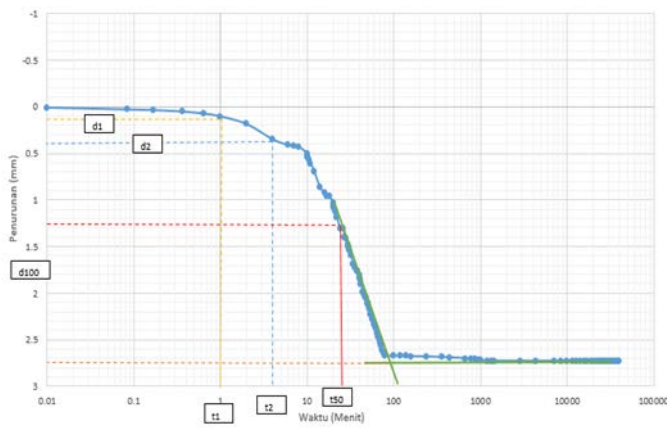
Gambar 8. Grafik Tekanan vs. Angka Pori pada Tekanan 10 kPa /10 menit dengan vertical drain.

Dari grafik pada Gambar 8 akan diperoleh angka e_1 , e_2 , p_1 dan p_2 untuk perhitungan C_c dimana perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log \frac{p_2'}{p_1'}} = \frac{1 - 0,82}{\log \frac{70}{40}} = 0,740 \text{ (vertical drain)}$$

f. Menentukan koefisien konsolidasi (C_v)

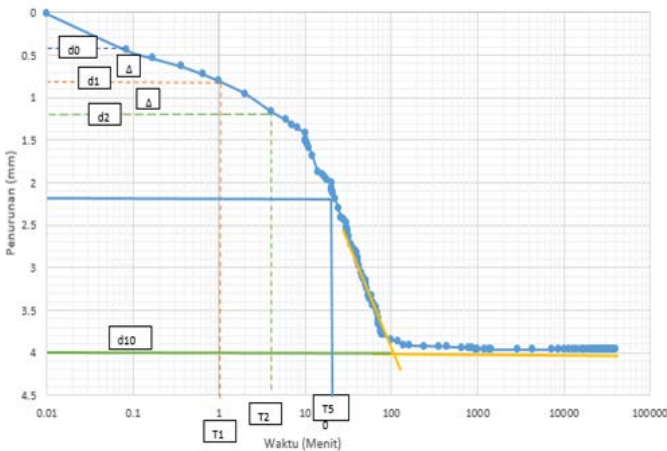
C_v ditentukan dengan metode Casagrande dengan mencari penurunan pada saat t_{50} atau konsolidasi berada pada saat 50% penurunan. t_{50} dicari pada grafik penurunan-waktu dari kedua sampel. Grafik penurunan waktu dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Penurunan vs. Waktu Konsolidasi pada Tekanan 10 kPa / 10 menit tanpa Vertical Drain

C_v dihitung menggunakan metode Casagrande, diperoleh :

$$C_v = \frac{0.196 d^2}{t_{50}} = 0,0091 \text{ cm}^2/\text{menit}$$



Gambar 10. Grafik Penurunan vs. Waktu Konsolidasi pada Tekanan 10 kPa / 10 menit dengan Vertical Drain

C_v dihitung menggunakan metode casagrande, diperoleh :

$$C_v = \frac{0.196 d^2}{t_{50}} = 0,0123 \text{ cm}^2/\text{menit}$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pada pengujian konsolidasi dengan variasi tekanan 10 kPa/10 menit, nilai koefisien konsolidasi pada sampel yang menggunakan *vertical drain* adalah 0,0123 cm²/menit. Sedangkan pada sampel yang tidak menggunakan *drain*, nilai C_v adalah 0,0091 cm²/menit.
2. Nilai indeks pemampatan (C_c) pada sampel yang menggunakan *vertical drain* adalah 0,740. Sedangkan untuk sampel yang tidak menggunakan *vertical drain* nilai C_c adalah 0,658.

3. Dari parameter C_v dan C_c maka *vertical drain* dapat mempercepat konsolidasi dan meningkatkan kemampumampatan dari tanah lempung lunak.

B. Saran

1. Perlu adanya peninjauan konsolidasi 2 dimensi pada percobaan ini, agar bisa ditentukan nilai parameter lainnya pada variasi beban 10 kPa/10 menit.
2. Untuk hasil yang lebih lengkap mungkin bisa dipakai pemodelan box untuk penelitian ini agar bisa ditentukan lateral earth displacement, koefisien konsolidasi pada arah horizontal (C_h) dan parameter konsolidasi 2 dimensi lainnya

V. KUTIPAN

A. Buku

- [1] A. Casagrande, *Application of Soil Mechanics in Designing Building Foundations*. Amerika : American Society of Civil Engineers, 1942.
- [2] R. F. Craig, *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga, 1991.
- [3] Braja M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya : Penerbit Erlangga, 1995.
- [4] M. Jamiolkowski, R. Lancellota, W. Wolski, *Precompression and Speeding Up Consolidation*. 1983
- [5] J. C. Chai, J. P. Carter, *Deformation Analysis in Soft Ground Improvement*. London : Springer, 2011.
- [6] L. D. Wesley, *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan Dan Residu*. Yogyakarta : Penerbit Andi, 2012.

B. Jurnal

- [7] J. C. Chai, S. Rondonuwu, "Surcharge Loading Rate for Minimizing Lateral Displacement of PVD Improved Deposit with Vacuum Pressure", in *Saga : Geotextiles and Geomembranes*, 2015.
- [8] J. S. Jeon, "Consolidation Properties and In-Situ Stress of the Marine Clay in Southern Korea", in *Taylor & Francis Group*, 2014.
- [9] J. Chu et. al, "Consolidation and Permeability Properties of Singapore Marine Clay", in *EBSCO*, 2002.
- [10] Moningka, dkk, "Physical and Chemical Properties of Sediment in Tondano Lake", dalam *Portal Garuda*, 2015.
- [11] Sompie, dkk, "Manado Pemeriksaan Kekuatan Tanah Dengan Menggunakan Perkuatan Geotextil (Studi Kasus: Kawasan Tingkulu)", dalam *Jurnal Tekno*, Vol. 13, 2015.