

## ANALISIS DEFORMASI LEMPUNG LUNAK MELALUI CYCLIC LOADING TEST

Gadis Ayu Felina

Steeva G. Rondonuwu, Lanny D. K. Manaroinsong

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [gdisayufelina24@gmail.com](mailto:gdisayufelina24@gmail.com)

### ABSTRAK

Tanah lempung seringkali menjadi permasalahan. Umumnya, jika tidak dikenali dan diselidiki secara hati-hati dapat menyebabkan masalah jangka panjang, salah satunya adalah konsolidasi atau penurunan. Hal ini disebabkan karena rendahnya daya dukung jenis tanah tersebut karena mempunyai tingkat kemampumampatan yang besar dan kuat geser yang rendah. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghindari hal tersebut. Salah satunya adalah dengan melakukan perbaikan tanah. Konsekuensi dari bentuk-bentuk perbaikan tanah tersebut mengakibatkan deformasi.

Deformasi merupakan perubahan bentuk pada tanah berupa mengembang dan menyusut. Deformasi yang terjadi ini bias membahayakan struktur bangunan yang berdiri di atasnya. Pada penelitian ini perilaku deformasi dianalisa dengan uji konsolidasi satu dimensi menggunakan oedometer di laboratorium. Pengujian dilakukan dengan mengambil material kerukan Danau Tondano sebagai sampel. Metode pembebanan mengikuti standar ASTM. Kemudian dilanjutkan dengan uji cyclic loading, yaitu metode pembebanan unloading reloading (Gunawan R,2015).

Hasil uji konsolidasi satu dimensi diperoleh nilai indeks mampat ( $C_c$ ) berturut-turut sebagai berikut :  $C_{c1}$  sebesar 0.39,  $C_{c2}$  0.41, dan  $C_{c3}$  -0.90. Dan untuk uji cyclic loading diperoleh nilai indeks mampat ( $\kappa$ ) pada saat penambahan beban masing-masing untuk 4 kali penambahan beban yaitu  $\kappa_1$  sebesar -1.86,  $\kappa_2$  -0.98,  $\kappa_3$  -0.46,  $\kappa_4$  -0.21. Dan untuk indeks muai pada pengurangan beban (unloading), diperoleh nilai  $\lambda_1$  sebesar -0.11,  $\lambda_2$  -0.08,  $\lambda_3$  -0.03. Nilai  $\kappa$  dan  $\lambda$  adalah gradien kemiringan kurva  $e$ -log  $p$  yang didapatkan dari percobaan cyclic loading. Dimana nilai  $\kappa$  adalah nilai kemampumampatan tanah untuk mengembang, dan nilai  $\lambda$  adalah nilai kemampuan tanah untuk memuai.

Karakteristik tanah lempung lunak apabila dibebani cyclic memberikan grafik hubungan  $e$ -log  $p$  yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi parameter deformasi tanah.

Penelitian ini membuktikan teori bahwa dengan menggunakan cyclic loading test, proses deformasi pada tanah lunak yang diselidiki. Ini memberikan referensi dan manfaat bagi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan maksud untuk mengurangi resiko penurunan dan kerusakan struktur suatu bangunan melalui perkiraan besar deformasi tanah. Dalam hal ini perpindahan vertikal tanah.

**Kata kunci: Deformasi, Tanah Lempung, Konsolidasi, Cyclic**

### PENDAHULUAN

Tanah lempung adalah tanah yang mengandung mineral lempung seperti *illite*, *kaolonite*, *momtmorillonite* dan lain sebagainya. Tanah jenis ini seringkali menjadi permasalahan. Jika tidak dikenali dan diselidiki secara hati-hati dapat menyebabkan masalah jangka panjang, salah satunya adalah konsolidasi atau penurunan. Hal ini disebabkan karena rendahnya daya dukung jenis tanah tersebut karena mempunyai tingkat kemampatan yang besar dan kuat geser yang kurang. Pembebanan yang berlebihan tidak mampu ditahan oleh tanah tersebut, sehingga

kelebihan tegangan tanah akan menyebabkan runtuhnya tanah.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghindari hal tersebut. Salah satunya adalah dengan melakukan perbaikan tanah. Konsekuensi dari bentuk-bentuk perbaikan tanah tersebut mengakibatkan deformasi atau perubahan bentuk dari tanah lunak. Dalam penelitian ini penulis tertarik untuk menganalisa "Deformasi Lempung Lunak Melalui *Cyclic Loading Test*"

### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas yang menjadi rumusan masalah adalah bagaimana

karakteristik deformasi pada material kerukan Danau Tondano dengan *Cyclic Loading Test*.

### Batasan Masalah

1. Pemeriksaan tanah meliputi beberapa sifat fisik seperti berat jenis, kadar air, analisa hidrometer, batas cair, dan batas plastis tanah.
2. Uji konsolidasi satu dimensi dengan menggunakan oedometer dan *Cyclic Loading* dengan menggunakan pembebanan *unloading reloading*.
3. Tanah yang diuji merupakan material kerukan Danau Tondano

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui perilaku deformasi dari tanah lempung lunak pada uji *Cyclic Loading*.
2. Mendapatkan parameter *Cyclic Loading Test*.

### Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mampu menganalisa perubahan bentuk tanah lunak yang diakibatkan oleh perbaikan tanah melalui *cyclic loading test*.
2. Sebagai bahan masukan untuk ilmu pengetahuan di bidang geoteknik.

## LANDASAN TEORI

### Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (*Kuang, 1996*). Berdasarkan definisi tersebut, deformasi dapat di artikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Perubahan pada tanah merupakan hal yang serius dan tentunya akan mengancam terhadap keberadaan pembangunan.

### Lempung dan Mineral Penyusunnya

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks. Mineral ini terdiri dari dua lempung kristal pembentuk kristal dasar, yaitu silika tetrahedra dan aluminium oktahedra (*Das, 1988*). *Das, Braja M (1988)* menerangkan bahwa tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan sub-mikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-

mineral lempung (*clay mineral*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain.

Tanah lempung sangat keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Namun pada kadar air yang lebih tinggi lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Tanah lempung yang terkonsolidasi secara normal berubah bentuk lebih plastis daripada elastis (*Rondonuwu dkk. 2015*). Kohesif menunjukkan kenyataan bahwa partikel-partikel itu melekat satu sama lainnya sedangkan plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

### *Cyclic Loading Test*

Beban siklik atau cyclic load adalah pembebanan berulang, seperti tekanan berulang yang teratur pada suatu bagian, yang kadang-kadang menyebabkan fraktur kelelahan (*fatigue*). Deformasi selama pembebanan siklik akan tergantung pada kepadatan tanah, besarnya dan durasi beban siklik, dan jumlah pembalikan tegangan geser. Jika pembalikan tegangan (stress reversal) terjadi, tegangan geser yang efektif bisa mencapai nol, maka pencairan (*likuifaksi*) siklik dapat terjadi. Jika pembalikan stres tidak terjadi, tegangan efektif nol tidak mungkin terjadi, maka mobilitas siklik terjadi. Pembebanan siklik misalnya dengan siklus pemberian beban dari 0.25 kg/cm sampai beban 1 kg/cm setelah itu di unloading sampai beban 0.25 kg/cm. Setelah itu di bebani lagi sampai beban 2 kg/cm lalu di *unloading* lagi. Hal ini dilakukan berulang kali sampai beban 8 kg/cm. Pengujian ini di lakukan di laboratorium dengan menggunakan alat uji oedometer.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini diawali dengan dengan pengambilan sampel tanah untuk keperluan penelitian. Tanah yang diambil berlokasi di desa Watumena Eris, Tondano, kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Tanah yang diambil merupakan material kerukan danau Tondano. Jenis tanah yang diambil kemudian dibawah ke laboratorium untuk diperiksa sifat fisiknya dan kemudian digunakan untuk percobaan konsolidasi pada alat oedometer.

**Lokasi Pengambilan Sampel**



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel tanah terletak di desa Watumea Eris, Kecamatan Eris Tondano, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara.

**Pengambilan Sampel**

Sampel yang digunakan merupakan material kerukan Danau Tondano. Tanah dibersihkan dari segala jenis tumbuhan atau material lain yang bukan tanah, seperti sampah atau tumbuhan, kemudian dimasukkan kedalam ember yang ada penutupnya, agar air yang ada di dalam tanah tidak menguap, kemudian dibawa ke laboratorium untuk diperiksa.

**Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah**

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan di laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi untuk mengetahui sifat fisik tanah dari material kerukan danau Tondano.

Dan percobaan-percobaan tersebut adalah sebagai berikut:

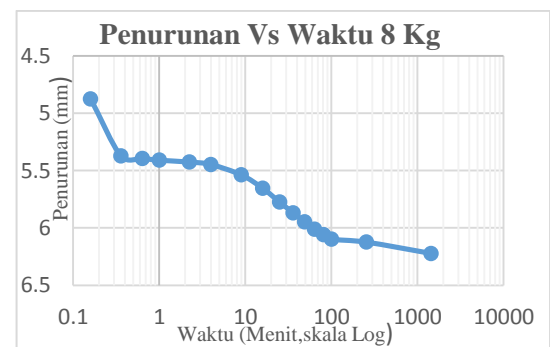
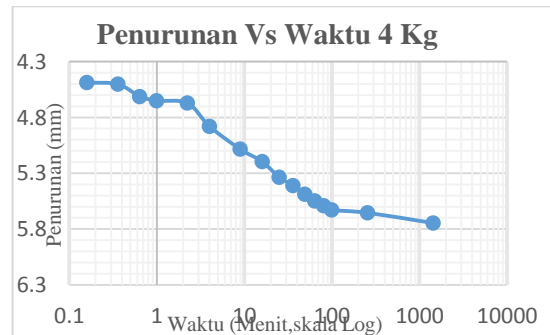
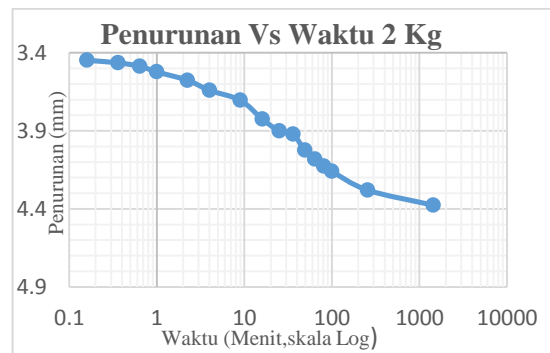
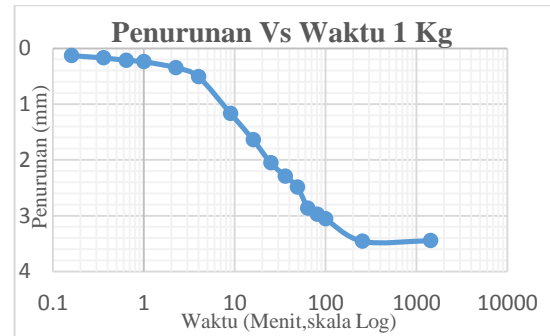
1. Pemeriksaan Kadar Air
2. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah
3. Uji Hidrometer
4. Batas Cair (Liquid Limit)
5. Batas Plastis (Plastic Limit)
6. Pengujian Konsolidasi
7. Pengujian *Cyclic Loading Test*

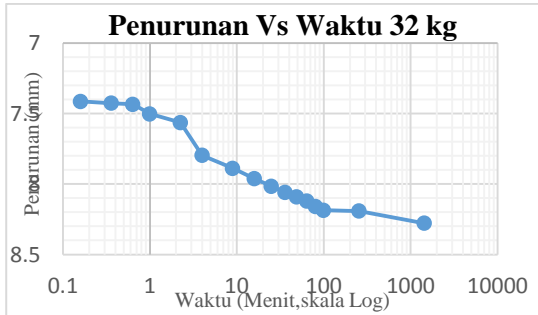
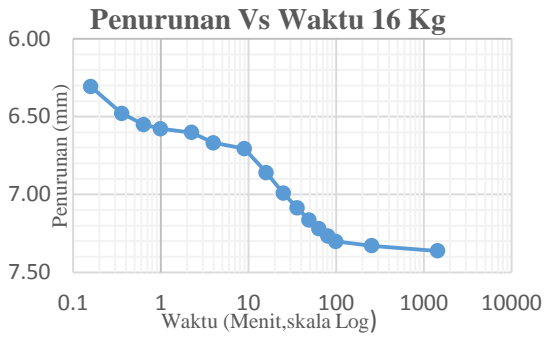
Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Fisik Tanah

Kadar Air	86.43698173
Berat Jenis Tanah	2.610
Analisa Hidrometer	>50% lolos saringan
Batas Cair	79%
Batas Plastis	17.07%

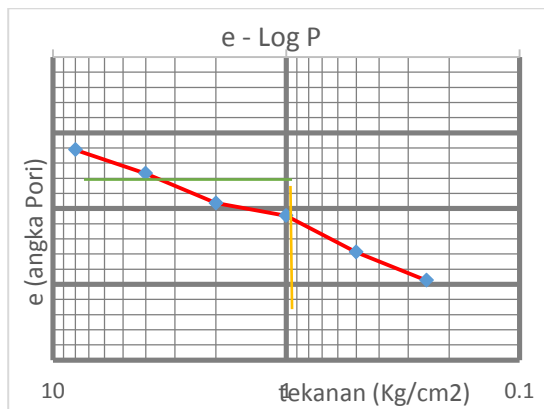
**Pengujian Konsolidasi**

Pengujian konsolidasi dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Percobaan ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan oedometer. Hasil percobaan adalah sebagai berikut:

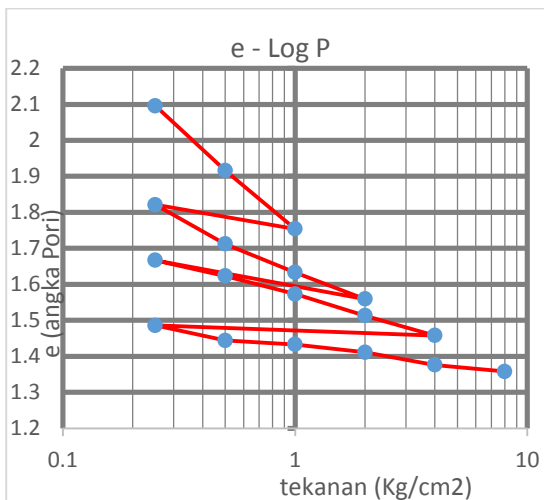




Gambar 2. Grafik Penurunan vs Waktu



Gambar 3. Grafik  $C_c$  Ekvivalen



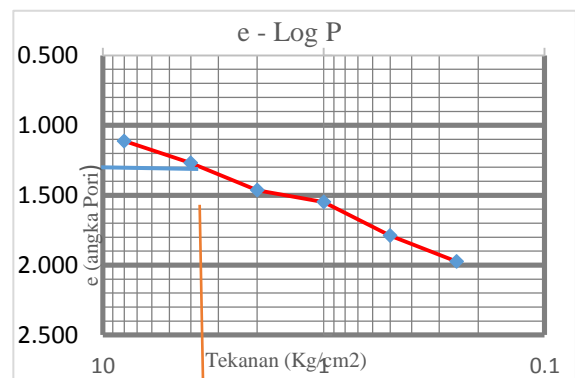
Gambar 4. Grafik Hubungan Tekanan dan Angka Pori

Tabel 2. Tabel Perhitungan Nilai  $C_c$

$Cc1$	$Cc2$	$Cc3$
$\frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$\frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$\frac{\Delta e}{\Delta \log p}$
$= 0.39$	$= 0.41$	$= -0.90$

**Pengujian Cyclic Loading**

Pengujian *cyclic* dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Percobaan ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan oedometer. Hasil percobaan adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Hubungan Tekanan dan Angka Pori

Tabel 3. Tabel Perhitungan Nilai Kappa

Nilai k1	Nilai k2	Nilai k3	Nilai k4
$k1 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$k2 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$k3 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$k4 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$
$= -1.86$	$= -0.98$	$= -0.46$	$= -0.21$

Tabel 4. Tabel Perhitungan Nilai Lamda

Nilai $\lambda$	Nilai $\lambda$	Nilai $\lambda$
$\lambda1 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$\lambda2 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$	$\lambda3 = \frac{\Delta e}{\Delta \log p}$
$= \frac{1.83-1.77}{\log 0.25-\log 1}$	$= \frac{1.68-1.56}{\log 0.23/\log 3}$	$= \frac{1.59-1.56}{\log 0.24/\log 5}$
$= \frac{0.06}{-0.602/0}$	$= \frac{0.12}{-0.638/0.477}$	$= \frac{0.03}{-0.619/0.698}$
$= -0.11$	$= -0.08$	$= -0.03$

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Karakteristik tanah lempung lunak apabila dibebani cyclic memberikan grafik hubungan  $e$ -log  $p$  yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi parameter deformasi tanah. Tanah yang diamati memiliki potensi mengembang sedang dan mengalami deformasi vertikal. Berdasarkan penelitian, batas plastis juga memiliki hubungan yang kuat terhadap deformasi tanah.
2. Dari hasil uji konsolidasi diperoleh nilai  $Cc_1$  sebesar 0.39,  $Cc_2$  0.41,  $Cc_3$  -0.90. Sedangkan dari uji *cyclic* diperoleh nilai  $\kappa_1$  sebesar -1.86,  $\kappa_2$  -0.98,  $\kappa_3$  -0.46,  $\kappa_4$  -0.21. Dan nilai  $\lambda_1$  sebesar -0.11,  $\lambda_2$  -0.08,  $\lambda_3$  -0.03

## DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R. F. 1991. *Mekanika Tanah edisi keempat*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., Endah, Noor. Mochtar, Indrasurya B., 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., Endah, Noor. Mochtar, Indrasurya B., 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Jin-chun Chai, Rondonuwu S.G., 2015. *Surcharge Loading Rate For Minimizing Lateral Displacement of PVD Improved Deposit With Vacuum Pressure*. Geotextiles and Geomembranes, Saga University, Japan.
- Patria, Adhe Noor., 2008. *Deformasi Vertikal Dan Horizontal Pada Tanah Lunak Di Bawah Trial Embankment Di Kendal Kaliwungu, Semarang*. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto
- Ranjan, G. and Rao, A. S. R. 2000. *Basic and Applied Soil Mechanics*. New Age International Publisher, New Delhi, India
- Rondonuwu S.G, Jinchun Chai, Akinori Saito, 2014. *Minimizing Lateral Displacement of Clayey Deposit Under Combined Vacuum and Surcharge Loads*. Geotextiles and Geomembranes, Saga University, Japan.
- Rondonuwu S.G, Jin-chun Chai., Yuan-Qian Cai, Jun Wang., 2015. *Prediction of The Stress State and Deformation of Soil Deposit Under Vacuum Pressure*. Transportation Geotechnics, Saga University, Japan.

Halaman ini sengaja dikosongkan