

ANALISIS METODE *VACUUM PRELOADING* UNTUK MEMPERCEPAT KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG LUNAK JENUH AIR

Hadrian Edwin¹, Andryan Suhendra²

¹*Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: Hadrian.edwin1@gmail.com*

²*Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Binus University
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480
Email: andryan@geosinindo.co.id ; asuhendra@binus.ac.id;*

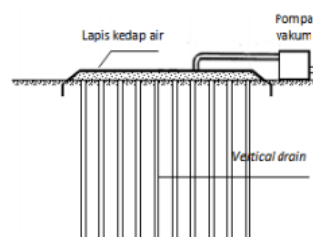
ABSTRAK

Konsolidasi adalah proses pemampatan tanah akibat adanya beban tetap dalam waktu tertentu yang menyebabkan tanah yang berada di bawah beban tersebut akan mengalami penurunan yang merata maupun tak merata yang akan mengakibatkan ketidakstabilan struktur yang akan berbahaya untuk struktur yang berada diatas tanah tersebut Tanah lempung lunak jenuh air menimbulkan banyak masalah dalam dunia konstruksi disebabkan oleh waktu konsolidasi yang lama dan kuat geser yang sangat kecil yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berada diatasnya, maka di perlukan perbaikan tanah untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan tanah lempung lunak jenuh air. Vacuum preloading adalah sebuah metode alternatif untuk perbaikan tanah lempung lunak jenuh air yang memiliki kadar air yang tinggi dan memiliki waktu konsolidasi yang sangat lama dengan cara percepatan proses konsolidasi.. Perhitungan teoritis untuk memperkirakan besarnya penurunan konsolidasi menggunakan metode konsolidasi satu dimensi dari Terzaghi didapatkan hasil penurunan sebesar 40,86 cm. Sedangkan untuk memperkirakan besar penurunan konsolidasi yang terjadi di lapangan menggunakan metode Asaoka yang menunjukkan penurunan sebesar 41,1 dengan derajat konsolidasi sebesar 99,72 %. Perbandingan hasil perhitungan teoritis dengan hasil monitoring akan menunjukkan keberhasilan metode vacuum preloading sebagai metode alternatif percepatan konsolidasi pada tanah lempung.

Kata kunci: Percepatan Konsolidasi, Tanah lempung lunak jenuh air, Vacuum preloading.

1. PENDAHULUAN

Persebaran tanah lempung lunak di Indonesia cukup merata, melihat luasnya daerah tanah lempung yang dimiliki hampir di setiap pulau. Sebagian besar tanah yang berada pada daerah timur Pulau Sumatera adalah tanah lempung lunak, dimana tanah tersebut memiliki kandungan air yang sangat tinggi dan waktu konsolidasi yang sangat panjang bila di beri beban di atas tanah tersebut. Tanah lempung lunak sering kali menimbulkan permasalahan pada struktur diatasnya yang disebabkan oleh masalah daya dukung yang lemah dan masalah waktu konsolidasi yang lama dari tanah ini. Oleh karena itu diperlukan adanya usaha perbaikan tanah untuk memperbaiki tanah lempung lunak ini. Metode *Preloading* atau yang biasa di sebut prabeban merupakan sebuah metode untuk memperbaiki masaaah yang ditimbulkan taah lempung lunak namun pada proses pelaksanaanya metode ini sering mengalami banyak permasalahan diantaranya adalah kelongsoran tanah timbunan selain itu metode ini juga memakan ongkos yang sangat besar diarenakan perpindahan tanah timbunan yang harus di lakukan. *Vacuum preloading* merupakan salah satu alternatif untuk emperbaiki taah lempung lunak jenuh air, pertama kali di perkenalkan oleh Kjellman tahun 1952 (Suhendra, et al., 2011) dimana pompa vakum akan menghisap air dan udara di dalam tanah yang sudah di beri lembaran kedap udara diatasnya, dengan begitu penurunan konsolidasi pada tanah akan terjadi dengan waktu yang lebih cepat dibanding metode terdahulunya.



Gambar 1. Ilustrasi Metode *Vacuum Preloading* (Suhendra dan Irsyam, 2011)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Data monitoring

Pengujian *hand boring* dilakukan di lapangan guna mendapatkan nilai SPT yang dinyatakan dalam jumlah N pukulan dan kondisi tanah lapangan yang akan diberlakukan metode *vacuum preloading*. Uji laboratorium juga dilakukan guna mendapatkan parameter-parameter yang diperlukan untuk perhitungan penurunan konsolidasi dan kenaikan kuat geser yang terjadi. Pengujian sondir dilakukan di lapangan guna mendapatkan nilai q_c yang nantinya akan dikorelasikan untuk mendapat nilai kuat geser pada tanah

Tanah lempung

Tanah lempung lunak merupakan tanah kohesif yang memiliki partikel butiran-butiran yang sangat kecil berukuran lebih kecil dari 2 mikron. Tanah lempung memiliki sifat geser yang kecil, permeabilitas yang kecil, waktu konsolidasi yang sangat lama, dan daya dukung tanah yang kecil sehingga sering menimbulkan permasalahan di dunia konstruksi baik dari sisi biaya maupun mengancam ketahanan struktur yang berada di atas tanah lempung ini. Maka di perlukan perbaikan tanah guna mengatasi masalah-masalah yang ditimbulkan oleh tanah lempung lunak.

Penurunan tanah

Penurunan pada tanah atau yang biasa disebut dengan konsolidasi pada tanah adalah suatu permasalahan yang paling sering dijumpai pada tanah. Penurunan konsolidasi adalah penurunan pada tanah kohesif yang disebabkan oleh terdistribusinya tegangan air berlebih di dalam tanah, dan menghasilkan perubahan volume tanah yang mengalami penurunan. Untuk menguji penurunan pada tanah biasanya dilakukan di dalam laboratorium dengan menggunakan alat yang bernama oedometer..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan analitis penurunan konsolidasi

Pada proyek sebesar 4000 m² dengan panjang 100 meter dan lebar 40 meter diberlakukan metode *vacuum preloading* dengan besar pompa vakum sebesar 81 kPa dan tanah timbunan setinggi 1 meter dengan berat jenis tanah timbunan sebesar 18 kN/m³. Jarak antar PVD adalah 1 meter dengan tebal PVD sebesar 3 mm dan lebar 100 mm.

Tabel 1. Komponen perhitungan konsolidasi.

Kedalaman (m)	z (m)	γ_{sat} (kN/m ³)	Po' (kN/m ²)	Cc	eo	Cr	Pc' (kN/m ²)
0-3	3	16,62	9,93	0,427	1,32558	0,0515	83
3-8	5	15,88	34,56	0,434	1,43902	0,0767	167
8-13	5	17,39	67,73	0,344	1,04081	0,0643	125
13-15,5	2,5	17,68	95,81	0,249	0,92307	0,058	149

Tabel 2. Penurunan konsolidasi

Lapisan	Kedalaman (m)	z (m)	Po' (kN/m ²)	Pc' (kN/m ²)	Sc (m)
1	0-3	3	9,93	83	0,124
2	3-8	5	34,56	167	0,091
3	8-13	5	67,73	125	0,145
4	13-15,5	2,5	95,81	149	0,047
				Total	0,408

Pada Penelitian kali ini semua lapisan tanah mengalami konsolidasi berlebih (*overlyconsolidated*) dikarenakan nilai $OCR \neq 1$. Besar penurunan konsolidasi akibat beban vakum dan beban timbunan adalah sebesar 0,408 meter atau sama dengan 40,8 cm.

Perhitungan analitis waktu konsolidasi

Waktu penurunan Konsolidasi akibat proses vakum dapat di lihat pada tabel 3.

Tabel 3. Waktu penurunan konsolidasi

No	U (%)	Waktu (hari)
1	25%	5,492
2	50%	13,233
3	75%	26,466
4	99,72%	131,870

Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi sebesar 99,725% adalah selama 131,87 hari.

Perhitungan analitis kenaikan kuat geser

Hasil peningkatan kuat geser yang terjadi setelah diberlakukannya metode *vacuum preloading* dapat dilihat pada tabel 4.

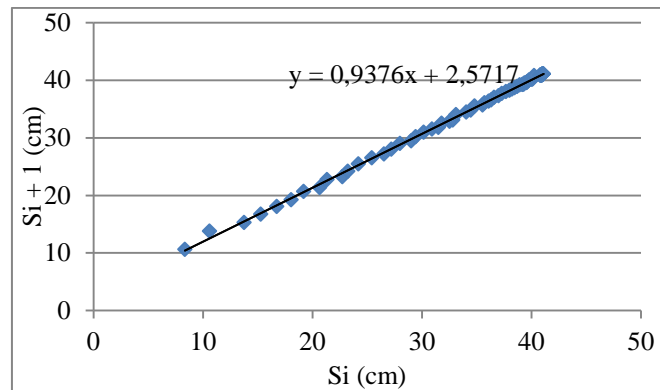
Tabel 4. Peningkatan kuat geser setelah vakum

Kedalaman (m)	c' (kN/m ²)	c (kN/m ²)	Peningkatan
2	30	51,505	71,68%
4	20	41,501	107,51%
6	35	56,489	61,40%
8	70	91,468	30,67%
10	15	36,435	142,90%
12	14	35,386	152,76%
14	20	41,321	106,61%

Terjadi peningkatan kuat geser setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode *vacuum preloading* dengan rata-rata kenaikan sebesar 96,22 %.

Hasil monitoring penurunan konsolidasi

Dari data *monitoring* dilakukan analisis untuk memperkirakan penurunan konsolidasi yang terjadi menggunakan metode Asaoka (Pd T-06-2004-B) yang akan di tampilkan pada gambar 1.

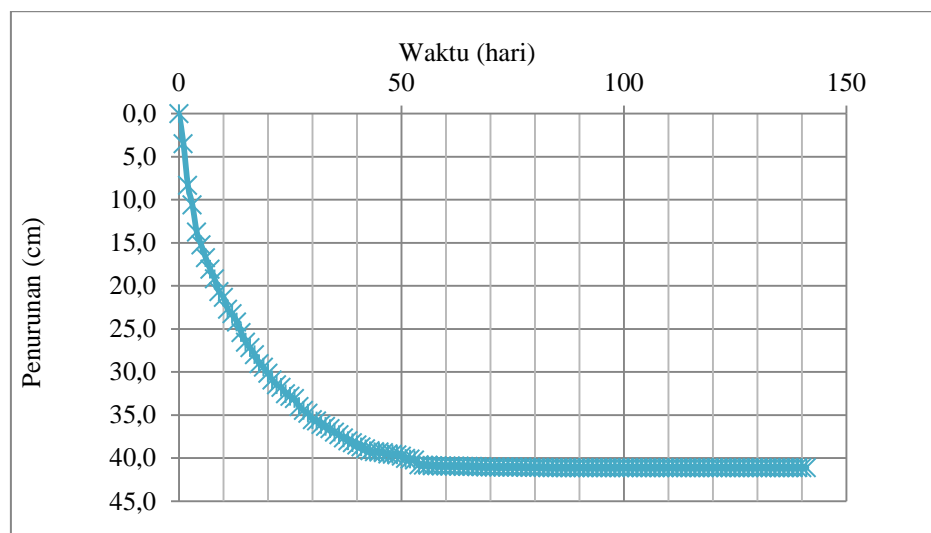


Gambar 2. Perkiraan penurunan konsolidasi menggunakan metode Asaoka

Dari grafik Asaoka di temukan persamaan garis linear $y = 0,9376 x + 2,5717$. Penurunan maksimum menurut metode Asaoka adalah sebesar 41,213 cm pada derajat konsolidasi 100 % sehingga penurunan sebesar 41,1 cm dari hasil *monitoring*, derajat konsolidasi yang dicapai adalah 99,725 %.

Hasil *Monitoring* waktu konsolidasi

Hasil *monitoring* yang dilakukan di lapangan dapat di lihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik penurunan – waktu

Dari grafik diatas dapat dilihat penurunan maksimum yang terjadi sebesar 41,1 cm dan membutuhkan waktu sekitar 83 hari untuk mencapai derajat konsolidasi 99,725 %.

Perbandingan hasil

Berikut adalah hasil perbandingan penurunan konsolidasi dan waktu yang terjadi di lapangan dengan perhitungan analitis.

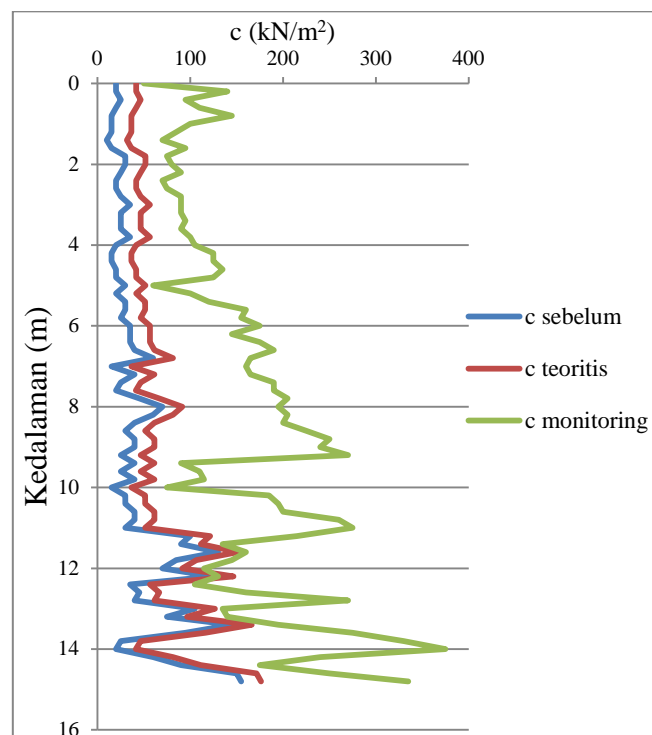
Tabel 5. Perbandingan hasil analitis dengan *monitoring*

Hari ke-	Teoritis	<i>Monitoring</i>	Selisih
0	0,00 cm	0,00 cm	0,00 %
3	5,96 cm	10,00 cm	43,78 %
5	9,44 cm	15,27 cm	38,17 %
10	16,71 cm	20,66 cm	19,13 %
20	26,60 cm	30,17 cm	11,23 %
30	32,46 cm	35,53 cm	8,62 %
40	35,93 cm	38,47 cm	6,59 %
50	37,99 cm	39,77 cm	4,47 %
60	39,21 cm	40,93 cm	4,20 %
70	39,93 cm	41,03 cm	2,68 %
80	40,36 cm	41,07 cm	1,73 %
90	40,61 cm	41,10 cm	1,19 %
100	40,76 cm	41,10 cm	0,28 %
110	40,85 cm	41,10 cm	0,61 %
120	40,86 cm	41,10 cm	0,48 %

Terjadi perbedaan antara perhitungan teoritis dengan hasil *monitoring* yang disebabkan oleh penentuan parameter-parameter tanah yang kurang tepat pada lapisan tanah. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik sebaiknya menggunakan data lab yang lebih lengkap. Perhitungan teoritis juga tidak memperhitungkan beban horizontal, hanya beban vertikal yang diperhitungkan sehingga menyebabkan perbedaan hasil.

Perbandingan kenaikan kuat geser

Berikut adalah hasil perbandingan kenaikan kuat geser berdasarkan hasil analitis dengan hasil *monitoring*.



Gambar 4. Perbandingan Kenaikan kuat geser

Dari data diatas dapat dilihat terdapat kenaikan kuat geser yang cukup besar terjadi pada lapangan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya penurunan konsolidasi. Terjadi perbedaan antara perhitungan teoritis dengan hasil *monitoring* yang disebabkan oleh faktor pengali pada saat mencari kenaikan kuat geser diambil 0,22 (Mesri, 1999) sedangkan faktor pengali untuk mencari kenaikan kuat geser berdasarkan hasil *monitoring* lapangan berada diantara 0,3 – 3,6 .

4. PERSAMAAN

Penurunan dan waktu konsolidasi

Besar penurunan konsolidasi yang terjadi dapat di peroleh dengan persamaan:

$$Sc = Cr \frac{H}{1 + eo} \log \frac{Po' + \Delta p}{Po'} \quad (1)$$

dan persamaan:

$$Sc = Cr \frac{H}{1 + eo} \log \frac{Pc'}{Po'} + Cc \frac{H}{1 + eo} \log \frac{Po' + \Delta p}{Po'} \quad (2)$$

dengan Sc = besar penurunan konsolidasi, H = kedalaman, e_0 = angka pori awal, Cc = nilai pemampatan, Po' = tekanan overburden efektif mula-mula, Pc' = tekanan prakonsolidasi, Cr = indeks pemampatan kembali, Δp = kenaikan tegangan tanah.

Sedangkan untuk mendapatkan waktu pada derajat konsolidasi yang diinginkan menggunakan persamaan :

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \times Ch} \right) \times 2F(n) \times \ln \left(\frac{1}{1 - Uh} \right) \quad (3)$$

dengan t = waktu yang diperlukan untuk mencapai Uh, D = diameter pengaruh lingkaran, Ch = koefisien aliran horizontal, F(n) = faktor hambatan yang disebabkan oleh jarak antar PVD, Uh = derajat konsolidasi.

Peningkatan kuat geser

Peningkatan kuat geser pada tanah yang mengalami konsolidasi dengan PVD menggunakan persamaan:

$$\left(\frac{\Delta Cu}{\sigma_p'} \right) = 0,22 \quad (4)$$

dan persamaan :

$$Cu = \Delta Cu + Cu' \quad (5)$$

dengan σ_p' = tegangan overburden efektif setelah pemampatan, Cu' = kuat geser mula-mula, ΔCu = peningkatan kuat geser akibat pemampatan, Cu = kuat geser setelah pemampatan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil: Metode *Vacuum Preloading* terbukti mampu mempercepat waktu penurunan tanah lempung lunak jenuh air yang memiliki waktu konsolidasi sangat lama menjadi hanya sekitar 90 hari. Metode *vacuum preloading* lebih mudah dilakukan dibanding metode sebelumnya yaitu metode *preloading* yang menaruh timbunan tanah diatasnya, karena dengan tekanan vakum yang dapat mencapai tegangan 80 kPa yang membuat tegangan efektif pada tanah dapat naik setara dengan jika diberi tanah timbunan setinggi 4,5 meter dengan asumsi dengan berat volume tanah sebesar 18 kN/m³. Terjadi peningkatan kuat geser yang cukup signifikan setelah terjadinya pemampatan tanah menggunakan metode *vacuum preloading*.

DAFTAR PUSTAKA

Mesri, G., and Ali, S. Géotechnique. *Undrained Shear Strength of a glacial clay overconsolidated by desiccation*, 1999. ICE Publishing, 181-198

Pd T-06-2004-B . Pedoman Perancangan Konstruksi Timbunan Jalan di atas Gambut dengan Metode Prapembebanan.

Suhendra A., Irsyam M. Studi aplikasi vacuum preloading sebagai metode alternatif percepatan proses konsolidasi pada tanah lempung lunak jenuh air. *Jurnal ComTech*. Vol. 2. No. 2 (Desember 2011): 1055-1065.

