

**EVALUASI KINERJA PERBAIKAN TANAH LUNAK
MENGUNAKAN INSTRUMEN GEOTEKNIK PADA AREA
CLUSTER D KAWASAN KOTA SUMMARECON BANDUNG
DENGAN METODE *VACUUM CONSOLIDATION***

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



YOHANES DIBALFLORENDE EKAMARGAREZKI

NIM. 135060107111056

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

**EVALUASI KINERJA PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN INSTRUMEN
GEOTEKNIK PADA AREA CLUSTER D KAWASAN KOTA SUMMARECON
BANDUNG DENGAN METODE VACUUM CONSOLIDATION**

***(Performance Evaluation of Soft Soil Improvement Using Geotechnical Instruments at
Development of Summarecon City Bandung Area Cluster D with Vacuum Consolidation
Method)***

Yohanes Dibalflorende Ekamargarezki, As'ad Munawir, Wahyu P. Kuswanda
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia-Telp (0341) 566710. 587711
E-mail: erickrezki@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lunak merupakan tanah yang memiliki kuat geser rendah serta tingkat kompresibilitas yang tinggi, sehingga apabila akan dilakukan pekerjaan konstruksi di atasnya diperlukan suatu perbaikan tanah guna memperkuat daya dukungnya. Salah satu cara ialah metode *Vacuum Consolidation*. Agar metode perbaikan tanah yang digunakan mempunyai efektifitas yang tinggi perlu diadakannya evaluasi pada penggunaan instrumen geoteknik. Dalam kajian ini dilakukan evaluasi mencakup 4 instrumen geoteknik dimana *Settlement Plate* digunakan untuk mengevaluasi penurunan teoritis, menghitung prediksi penurunan akhir (final settlement) dengan metode observasi Asaoka serta derajat konsolidasi aktual. Hasil perhitungan derajat konsolidasi *Settlement Plate* dibandingkan dengan evaluasi kelebihan tekanan air pori tanah menggunakan bacaan Wire Vibrating Piezometer. Inclinometer digunakan untuk mengontrol pergeseran tanah lateral serta kestabilan tanah akibat beban di lapangan. Vacuum Gauge berfungsi untuk mengontrol efektifitas tekanan vakum pada tanah yang diberikan. Efektifitas pompa vakum yang digunakan sebesar 80%. Kegagalan desain pada penggunaan *Vacuum Consolidation* dapat terjadi disebabkan kesalahan perencana dalam menentukan parameter-parameter desain tanah, sehingga dalam kajian ini membahas parameter desain tanah yang terjadi di lapangan menggunakan back analysis method. Hasil yang diperoleh dalam kajian ini adalah perbandingan penurunan aktual dan teoritis rata-rata sebesar 1,04. Untuk prediksi penurunan tanah akhir (final settlement) didapatkan nilai sebesar 1546,36 mm. Derajat konsolidasi aktual dari bacaan Wire Vibrating Piezometer adalah 79,1% dan dari bacaan *Settlement Plate* adalah 87,62% dengan selisih perbedaannya sebesar 8,52%. Dari bacaan Inclinometer tidak adanya indikasi longsor. Pompa vakum mencapai tekanan efektifnya sebesar 74 KPa secara berturut-turut pada bacaan ke 91 (hari ke-45), bacaan ke 63 (hari ke-31), bacaan ke 70 (hari ke-35) dan bacaan ke 91 (hari ke-45). Hasil dari back analysis method merupakan nilai Ch baru sebesar 3,55 Cv.

Kata Kunci: Asaoka, Instrumen geoteknik, Penurunan akhir, tanah lunak, Vacuum Consolidation

ABSTRACT

Soft Soil is a type of soil that has a low shear strength and high compressibility level, so if it will be done construction work on it required a land improvement in order to strengthen its carrying capacity.. One of them is the Vacuum Consolidation method. In order for the soil improvement methods used to have high effectiveness it is necessary to evaluate the use of geotechnical instruments. In this study, the evaluation covers 4 (four) geotechnical instruments, where Settlement Plate was used to evaluate the theoretical settlement, to calculate the final settlement prediction with Asaoka observation method and the actual consolidation degree. The calculation result of consolidation degree from Settlement Plate is compared with evaluation of excess pore soil pressure using monitoring Wire Vibrating Piezometer. The Inclinator is used to control lateral ground shift and soil stability due to load in the field. Vacuum Gauge works to control the effectiveness of vacuum pressure on the given soil. The effectiveness of the vacuum pump used is 80%. The failure of design in using Vacuum Consolidation may occur because of the mistake of planner in determining soil design parameters, therefore this study also discusses soil design parameters in actual condition using back analysis method. The results obtained in this study are comparison of actual and theoretical settlement on average of 1,04. To predict final settlement it can be obtained the value 1546,36 mm. The actual consolidation degree from Wire Vibrating Piezometer reading is 79,1% and from the Settlement Plate reading is 87,62% with the difference of 8,52%. From the Inclinator readings there is a lateral shift that occurs under the ground but does not cause indications of sliding. The vacuum pump reached its effective pressure of 74 KPas consecutively at the 91st reading (day 45), the 63th reading (day 31), the 70th reading (day 35) and the 91th reading (day 45). The result of back analysis method is Ch value where the new Ch value is 3,55 Cv.

Keywords: *Asaoka, Geotechnical instruments, Final settlement, Soft soil, Vacuum Consolidation*

PENDAHULUAN

Pembangunan merupakan suatu gambaran apakah wilayah tersebut dapat dikatakan telah berkembang atau tidak. Namun seiring berjalannya waktu, ketersediaan lahan dengan kondisi tanah dasar yang baik untuk mendirikan bangunan semakin sulit didapat sehingga memicu penggunaan lahan dengan kondisi tanah dasar lunak. Masalah yang terjadi pada bangunan yang didirikan pada lapisan tanah lunak ialah daya dukung tanah rendah dan *settlement* (penurunan) yang besar. Penurunan ini terjadi disebabkan oleh proses konsolidasi pada tanah.

Salah satu metode perbaikan tanah yang sering digunakan ialah dengan sistem prapembebanan menggunakan timbunan atau yang lebih dikenal dengan istilah *preloading*. Metode ini sendiri membutuhkan sejumlah tanah timbunan sehingga setelah proses perbaikan selesai, pembuangan tanah urugan yang tidak dibutuhkan merupakan suatu persoalan lain yang harus diperhatikan. Kelongsoran timbunan pada metode ini pun tak dapat dihindari karena besarnya beban yang diberikan pada tanah lunak tersebut bergantung pada kekuatan tanah lunak yang akan diperbaiki.

Metode *Vacuum Consolidation* merupakan suatu sistem untuk mempercepat proses konsolidasi pada tanah lunak dengan menggunakan tekanan vakum lewat pipa horizontal yang tersambung pada *prefabricated vertical drain* (PVD) di dalam tanah. Tekanan udara diatas permukaan tanah dibuat negatif dengan bantuan pompa vakum, sehingga akibat dari perbedaan tekanan inilah air tanah keluar dan menyebabkan tanah menjadi mampat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis akan menganalisa penurunan yang terjadi pada perbaikan tanah lunak dengan Metode *Vacuum Consolidation* sesuai data lapangan. Untuk memperoleh efisiensi dalam perbaikan tanah tersebut perlu dilakukannya evaluasi baik dari segi instrumentasi geoteknik maupun evaluasi penurunan tanah akhir (*final settlement*).

Dalam penelitian ini digunakan Metode Asaoka, dimana analisis ini meninjau studi kasus yang terjadi pada Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Vacuum (Cluster D).

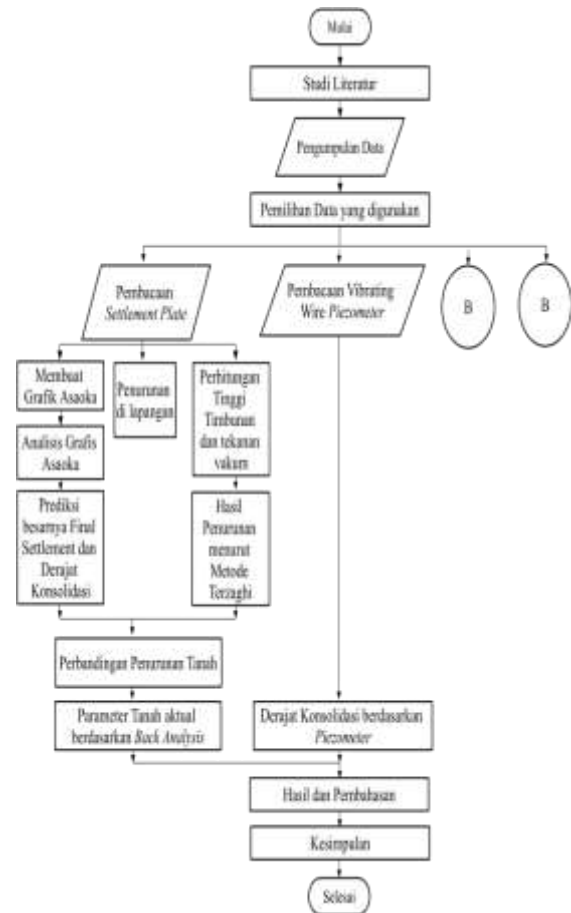
Batasan Masalah

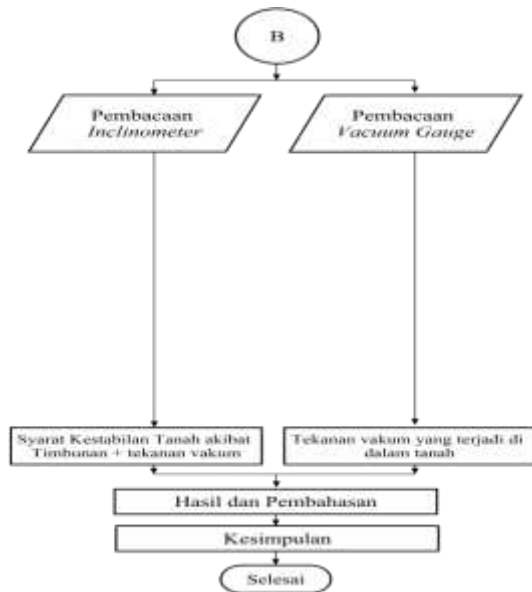
1. Layout dan lokasi perencanaan sudah ditentukan, yaitu Proyek Kawasan Kota Summarecon Bandung, Area Vacuum (Cluster D)
2. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder yang berasal dari PT. Teknindo Geosistem Unggul.
3. Perbaikan Tanah Lunak menggunakan tekanan vakum dan Prefabricated Vertical Drain

4. Pemasangan PVD yang digunakan pola segitiga
5. Instrumen Geoteknik yang digunakan yakni *Settlement Plate*, *Vibrating Wire Piezometer*, *Inclinometer* serta *Vacuum Gauge*
6. Metode prediksi penurunan tanah ialah Teori Asaoka menggunakan data dari monitoring *settlement plate*
7. Data *Settlement plate* yang digunakan ialah 4 titik *Settlement Plate*, 1 titik *Piezometer* dan *Inclinometer* serta 4 titik *Vacuum Gauge*
8. Efisiensi Pompa Vacuum sebesar 80 %

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian ini berada di proyek pembangunan Summarecon Bandung di Gedebage, Provinsi Jawa Barat. Spesifik pengambilan data dilakukan pada area Vacuum (Cluster D) yang mana akan dijadikan sebagai pembangunan rumah contoh untuk cluster Amanda & Btari. Data yang digunakan yakni 4 titik *settlement plate*, 1 titik *Piezometer*, 1 titik *Inclinometer* serta 4 titik *Vacuum Gauge*. Untuk tahapan analisis penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alur penelitian (Flowchart)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang ada kemudian diolah sedemikian rupa untuk mendapatkan Final settlement, Derajat konsolidasi, Kestabilan timbunan, Tekanan efektif yang terjadi di dalam tanah, serta parameter-parameter tanah aktual

Sampel tanah yang telah dilakukan pengujian di laboratorium dianalisa menggunakan metode statistik dengan cara pengelompokan berdasarkan konsistensi dan jenis tanah yang sama. Hasil rekapitulasi parameter tanah dasar yang digunakan tertera pada **Tabel 1**.

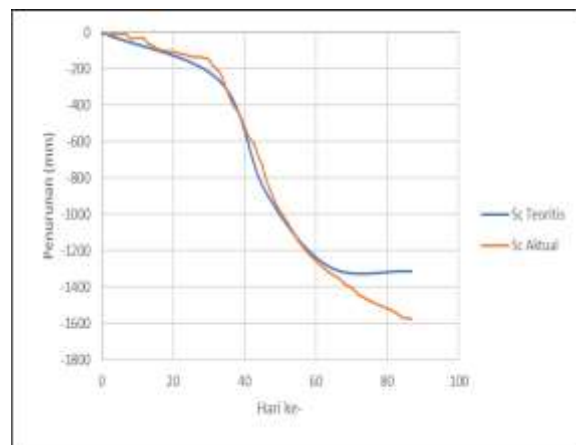
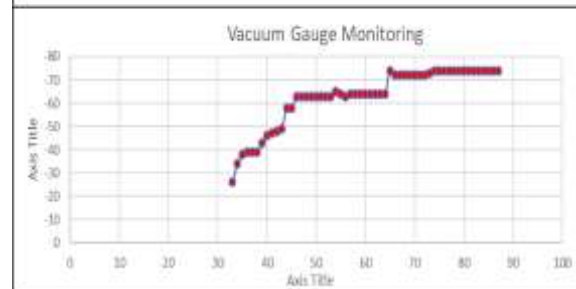
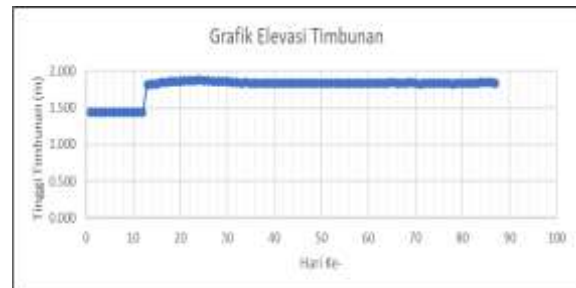
Tabel 1. Rekapitulasi Tanah Dasar

Kedalaman (m)	γ	e_0	C_c	C_v (m ² /hari)	C_s
0 - 12	1.309	2.140	1.048	0.00526	0.1747
12 - 16	1.212	2.345	1.314	0.00380	0.2191
16 - 20	1.216	2.315	0.971	0.00492	0.1619
Rata-Rata	1.245	2.267	1.111	0.00484	0.1852

Nilai parameter ini kemudian digunakan untuk analisa perhitungan teoritis metode terzaghi dengan asumsi nilai $C_s = 1/6 C_c$ dan $Ch = 2C_v$. Perbandingan Penurunan aktual dan Penurunan Teoritis dapat dilihat pada **Tabel 2** sedangkan grafik perbandingan penurunan aktual dan teoritis SP.03 disajikan pada **Gambar 2**.

Tabel 2. Perbandingan penurunan aktual dan penurunan teoritis hingga hari ke 87

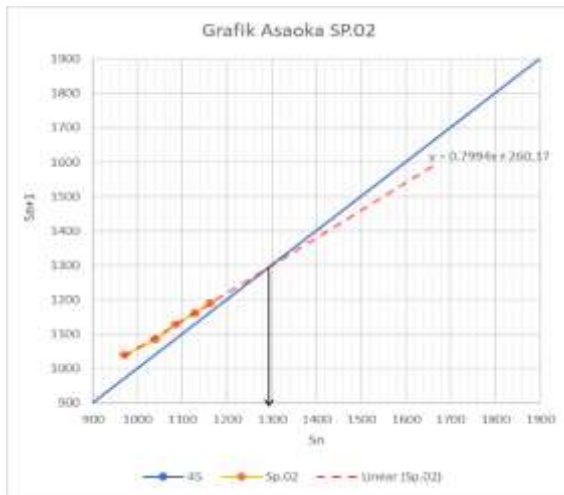
Settlement Plate	Penurunan aktual s.d hari ke 87 (mm)	Penurunan s.d hari ke 87 secara Teoritis (mm)	Perbandingan S_c Aktual dan Teoritis
sp.01	1444	1383	1.044
sp.02	1162	1245	0.933
sp.03	1578	1312	1.203
sp.04	1235	1247	0.990
Rata-rata	1355	1297	1.043



Gambar 2. Grafik Penurunan Tanah antara Perhitungan Teoritis dan Penurunan Aktual

Prediksi Penurunan Tanah Metode Asaoka

Prediksi besarnya penurunan konsolidasi dapat juga dilakukan dengan metode Asaoka. Dalam prediksi ini digunakan data monitoring settlement plate. Data yang digunakan ialah bacaan settlement plate dimulai pada hari ke-67 dengan interval waktu 5 hari. Selanjutnya dilakukan prediksi penurunan akhir menggunakan metode Asaoka dengan bantuan program Microsoft Excel dalam mencari nilai regresinya sehingga diketahui prediksi penurunan akhir yang dapat tercapai. Misalnya untuk SP.02 sebesar 1297mm seperti terlihat pada **Gambar 3**. Estimasi penurunan akhir untuk tiap Settlement plate disajikan pada **Tabel 3**.



Gambar 3. Prediksi penurunan akhir Metode Asaoka berdasarkan data SP.02

Tabel 3. Hasil Estimasi Penurunan Akhir dengan Metode Asaoka

Settlement Plate	Penurunan s.d. hari ke 87 (mm)	Penurunan Akhir Prediksi ASAOKA (mm)
sp.01	1444	1717.71
sp.02	1162	1296.69
sp.03	1578	1711.37
sp.04	1235	1459.71
Rata-rata	1355	1546.37

Penentuan Derajat Konsolidasi berdasarkan Bacaan Settlement Plate

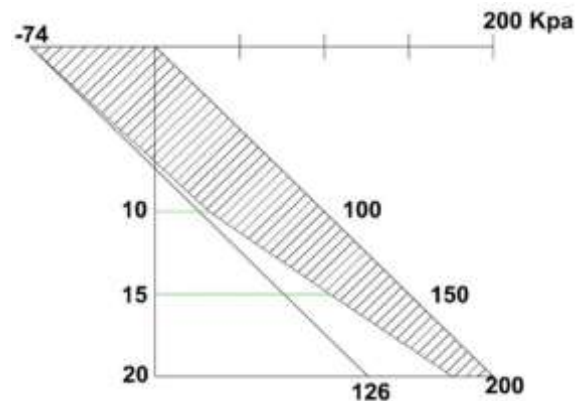
Penentuan nilai derajat konsolidasi dapat dilakukan dari bacaan settlement plate (U_v -sp) yaitu dengan membandingkan besar penurunan di lapangan pada waktu tertentu (t) terhadap penurunan konsolidasi total yang diperoleh dari metode Asaoka. Derajat konsolidasi masing-masing settlement plate dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Derajat konsolidasi berdasarkan prediksi metode Asaoka

Settlement Plate	Penurunan s.d. hari ke 87 (mm)	Penurunan Akhir Prediksi ASAOKA (mm)	Derajat Konsolidasi (%)
sp.01	1444	1717.71	84.07
sp.02	1162	1296.69	89.61
sp.03	1578	1711.37	92.21
sp.04	1235	1459.71	84.61

Penentuan Derajat Konsolidasi Berdasarkan Bacaan Piezometer

Dari data bacaan piezometer VWP-02 dapat dilihat bahwa puncak tegangan air pori tanah berlebih dari tip 1, tip 2 dan tip 3 berturut-turut adalah sebesar 175,9 ,103,4, dan 33,2. Kemudian dari data tersebut dibuat skema tekanan air pori tanah seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Skema tekanan air pori tanah berdasarkan Vibrating Wire Piezometer

Skema tekanan air pori tanah tersebut kemudian digunakan untuk dihitung luasan daerah yang diarsir dibagi luasan daerah jajaran genjang guna memperoleh derajat konsolidasi aktual. Diperoleh hasil Derajat konsolidasi aktual piezometer sebesar 79,1%.

Analisis Balik Parameter Tanah untuk desain Vacuum Consolidation menggunakan Vertical drains

Perhitungan analisa balik meliputi parameter tanah koefisien konsolidasi tanah arah horizontal (Ch), koefisien kompresibilitas volume (mv), permeabilitas tanah arah vertikal (k) dan indeks pemampatan (Cc). Perhitungan ini sendiri menggunakan data yang diperoleh dari hasil estimasi Asaoka. Parameter Tanah baru yang diperoleh berdasarkan *back analysis method* dapat dilihat pada **Tabel 5** dibawah ini.

Tabel 5. Parameter Tanah Hasil Back Analysis

Settlement plate	Ch (m ² /hari)	Ch/Cv	mv (m ² /kN)	kv (m/hari)	Cc
SP.01	0.0133	2.7499	1.16E-03	5.62E-05	0.7500
SP.02	0.0195	4.0316	8.76E-04	4.24E-05	0.5662
SP.03	0.0216	4.4669	1.16E-03	5.60E-05	0.7472
SP.04	0.0144	2.9652	9.86E-04	4.77E-05	0.6374
Rata2	0.0172	3.5534	1.04E-03	5.06E-05	0.6752

Kestabilan Tanah akibat timbunan di lapangan

Kestabilan tanah timbunan dapat ditentukan melalui bacaan inclinometer dimana digunakan data bacaan inclinometer IN-02 yang terletak dekat dengan SP-03.

Terdapat 2 persyaratan kestabilan yakni persyaratan pertama $Y_z < Y_z$ izin dengan Y_z merupakan nilai pergeseran tanah yang dihitung dengan persamaan (1) dan Y_z izin adalah nilai pergeseran tanah maksimum yang diizinkan (2). Persyaratan kedua ialah $\Delta n < \dots < \Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$. Dimana Δn merupakan selisih bacaan data aktual Inclinometer yang digunakan.

$$Y_z = \frac{Y_z \text{ max}}{FS} \quad (1)$$

$$Y_z \text{ izin} = 0,16 \times Sc \quad (2)$$

Berdasarkan syarat kestabilan timbunan pergeseran lateral yang terjadi pada IN-02 nilai $Y_z = 161,9 \text{ mm} < Y_z \text{ izin} = 199,2$ serta $\Delta 4 < \Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ dapat dilihat bahwa tanah timbunan aman dari longsor baik arah A (Utara-Selatan) maupun arah B (Timur-Barat).

Efektifitas tekanan vakum yang terjadi di dalam tanah

Untuk mengetahui efektifitas tekanan vakum yang terjadi di dalam tanah dengan menggunakan pompa vakum, terlebih dahulu dilakukan koreksi tekanan atmosfer pada Area Cluster D.

$$\begin{aligned} \text{Tekanan atmosfer (P)} &= 1 \text{ atm} \\ &= 101,3 \text{ kpa} \end{aligned}$$

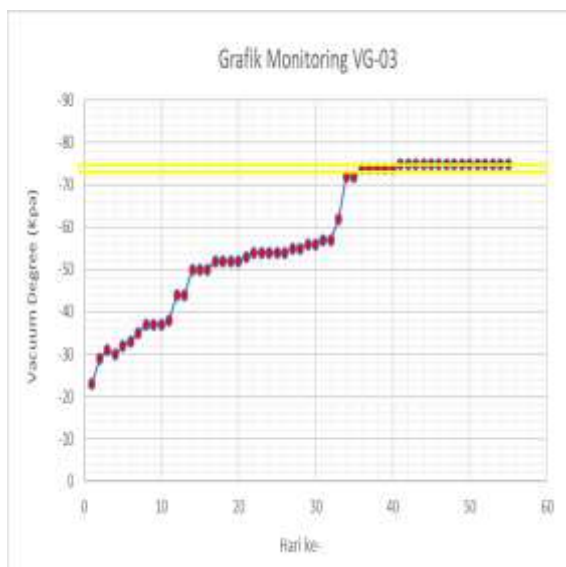
Besarnya tekanan atmosfer bergantung dari ketinggian lokasi yang akan dilakukan perbaikan tanah dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P(h) &= 76 - (h/100)\text{cmHg} \quad (3) \\ &= 76 - (660/100) \\ &= 69,4 \text{ cmHg} \\ &= 69,4/76 \times 101,3 \text{ Kpa} \\ &= 92,5 \text{ Kpa} \end{aligned}$$

Efektifitas pompa vakum sendiri diasumsikan sebesar 80%, maka tekanan efektif yang dapat disalurkan :

$$80\% \times 92,5 \text{ Kpa} \approx 74 \text{ Kpa}$$

Pada **Gambar 5** merupakan contoh grafik monitoring VG-03. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa efektifitas pompa vakum dimulai pada bacaan ke-70 atau pada hari ke-35 tanggal 8 Maret 2017 (pada tanda kotak kuning).



Gambar 5. Grafik Monitoring VG-03

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Perbandingan besarnya penurunan aktual dan penurunan teoritis untuk SP-01, SP-02, SP-03, SP-04 berturut-turut adalah sebesar 1,04, 0,933, 1,202, dan 0,99 dengan perbandingan rata-rata 1,04. Dari hasil tersebut terlihat bahwa Penurunan aktual mendekati atau lebih besar dari perhitungan teoritis.
 - Dari teori pendekatan Asaoka diketahui besar prediksi penurunan akhir SP-01, SP-02, SP-03, SP-04 berturut-turut adalah sebesar 1717,7 mm, 1296,6 mm, 1711,36 mm, 1459,7 mm.
- Derajat konsolidasi rata-rata settlement plate sebesar 87,62% sedangkan derajat konsolidasi berdasarkan monitoring piezometer sebesar 79,1%. Hasil ini lebih kecil dibandingkan derajat konsolidasi Settlement Plate.
 - Sesuai dengan syarat kestabilan yang dibutuhkan untuk monitoring Inclinator area Cluster D, pergeseran lateral maksimum yang terjadi di bawah tanah tidak menunjukkan indikasi longsor baik arah A (Utara-Selatan) maupun B (Timur-Barat). Hal ini terjadi karena pergeseran lateral vakum mengarah kedalam tanah.
 - Sesuai dengan koreksi tekanan atmosfer yang telah dilakukan, untuk VG1, VG2, VG3, VG4 hasil monitoring terlihat bahwa efektifitas pompa vakum sebesar 74 KPa secara berturut-turut pada bacaan ke 91 (hari ke-45), bacaan ke 63 (hari ke-31), bacaan ke 70 (hari ke-35) dan bacaan ke 91 (hari ke-45).
- Dari analisa balik diperoleh rata-rata parameter tanah baru sebagai berikut:
 - $Ch/Cv = 3,55$
 - $mv = 0,00104 \text{ m}^2/\text{kN}$
 - $kv = 0,000005 \text{ m/hari}$
 - $Cc = 0,675$

Parameter tanah tersebut dapat digunakan sebagai referensi apabila ada proyek perluasan lahan selanjutnya dengan lokasi lahan disekitar obyek penelitian.

Saran

- Titik penyelidikan tanah dasar disarankan harus sesuai dengan lokasi perbaikan tanah agar data yang diperoleh lebih akurat.
- Untuk pemantauan derajat konsolidasi, wajib digunakan data hasil monitoring dari settlement plate dan piezometer. Agar dapat mengontrol konsolidasi yang terjadi sesungguhnya.

3. Pekerjaan perbaikan tanah di area cluster D ditunggu hingga mencapai target (90%) dengan kondisi pompa vakum tidak dimatikan.
4. Dari hasil penelitian ini, parameter-parameter tanah baru yang telah diperoleh dapat dijadikan acuan untuk pengerjaan perbaikan tanah di area tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asaoka, A., 1978, Observational Procedure of Settlement Prediction, Soils and Foundation, No.4.
- Ghani, Mashrur A.H. Vacuum Preloading Versus Conventional Embankment Preloading for Accelerating Consolidation Process : A Comparisson Study from Analysis of Full Scale Test
- Kuswanda, Wahyu P. 2016. Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda Preloading Pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi Di Pulau Kalimantan, Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, 2016