

KONTSI 2019
TSI-II
Konferensi Nasional Teknik Sipil
dan Infrastruktur 2 2019



Prosiding

**PROSIDING KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL DAN
INFRASTRUKTUR-II 2019**

Editor:

Willy Kriswardhana, S.T., M.T.

Rendra Suprobo Aji, S.T., M.T., CAPM.

Yuliana Sukarmawati, S.T., M.T.

Hafi Anshori Ramadhani

Muhammad Alfian Nasril B.

Ifna Nabila

Alfiani Nur Kholisah

Penerbit:

UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember

ISBN : 978-623-7226-69-7

Redaksi:

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp 0331-330224, Voip 00319

e-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

Distributor Tunggal:

UNEJ Press

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp 0331-330224, Voip 00319

e-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang. Dilarang memperbanyak tanpa ijin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak, *photoprint*, maupun *microfilm*.

KONTSI-II 2019

Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Infrastruktur ke-2 2019

Prosiding

Inovasi Teknologi Infrastruktur Berkelanjutan dalam Menghadapi Era Industri 4.0

Editor :

Willy Kriswardhana, ST., MT.

Rendra Suprobo Aji, S.T., M.T., CAPM.

Yuliana Sukarmawati, S.T., M.T

Hafi Anshori Ramadhani

Muhammad Alfian Nasril B.

Ifna Nabila

Alfiani Nur Kholisah

Isi makalah diluar tanggung jawab editor dan penerbit

Diselenggarakan oleh :

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Jember

Jl. Kalimantan No. 37, Kampus Tegal Boto, Jember

Tlp. 0331-484977

Susunan Panitia KONTSI-II 2019

Penanggungjawab

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ketua Jurusan Fakultas Teknik

Panitia Pelaksana

Ketua : Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T.

Sekretaris : Noven Pramitasari, S.T., M.T.
Firdha Lutfiatul Fitria, S.Si., M.T.

Bendahara : Wiwik Yunarni W., S.T., M.T.
Ratih Novi Listyawati, S.T., M.Eng
Rindang Alfiah, S.T., M.T.

Seksi Kesekretariatan

Willy Kriswardhana, S.T., M.T.

Rendra Suprobo Aji, S.T., M.T.

Yuliana Sukarmawati, S.T., M.T.

Hafi Anshori Ramadhani

Muhammad Alfian Nasril B.

Ifna Nabila

Alfiani Nur Kholisah

Seksi Acara

Dr. Rr. Dewi Junita K., S.T., M.T.

Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.

Rizvan Amri Auzan

Bella Sukma Candradewi

Ainal Akbar

Septiya Indira Monicasari

Amalia Martha Sukmana

Seksi Perlengkapan

Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.

Fahir Hassan, S.T., M.T.

Audiananti Meganandi K., S.Si., M.T.

Galang Kharisma M. N.

Gillang Krisna Wijaya

Abdurrahman Farcha Alifi

M. Zakaria Al Ansori

Adex Laksmi Dewi

Rizqi Choirul Wahdana

Ricky Fajar Saputra

Seksi Makalah dan Publikasi

Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T.

Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng., Ph.D

Fanteri Aji Dharma Suparno, S.T., M.S.

Seksi Dana dan Sponsor

Syamsul Arifin, S.T., M.T.

Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T.

Seksi Humas dan Dokumentasi

Ivan Agusta Farizkha, S.T., M.T.

Nur Faizin, S.Si., M.Si.

Annisa Dwi Cahyani

Royyan Zuhdi Arrifqi

Abdullah Habib

Ryan Akbar Pratama

Nurina Awanis

Seksi Konsumsi

Yuniartie Ardha, S.Pi

Komite Ilmiah

Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D (Universitas Brawijaya)

Dian Sisinggih, S.T., M.T., Ph.D (Universitas Brawijaya)

Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D (ITS)

IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D (ITS)

Adjie Pamungkas, S.T., M.Dev.Plg., Ph.D. (ITS)

Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng, Ph.D (Universitas Jember)

Dr. Ir. Krisnamurti, M.T. (Universitas Jember)

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM (Universitas Jember)

Dr. Rr. Dewi Junita K., S.T., M.T. (Universitas Jember)

Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Ir. Hernu Suyoso, M.T. (Universitas Jember)

Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Willy Kriswardhana, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Anita Trisiana, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Wiwik Yunarni W., S.T., M.T. (Universitas Jember)

Firdha Lutfiatul Fitria, S.Si., M.T. (Universitas Jember)

Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T. (Universitas Jember)

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T. (Universitas Jember)



DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PANITIA PENYELENGGARA | iv |
| SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK | vii |
| SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL | viii |
| SAMBUTAN KETUA PANITIA KONTSI –II 2019 | ix |
| | |
| REKAYASA GEOTEKNIK | HAL |
| | |
| ANALISIS POTENSI GERAKAN TANAH DI DESA SIRNARESMI KABUPATEN SUKABUMI <i>Josua Kelpin Nauli and Yukiko Vega Subagio</i> | G-1 |
| | |
| PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN METODE PRELOADING KOMBINASI PVD DAN PHD BERDASARKAN DATA ANALISA BALIK (STUDI KASUS: PROYEK PPKA 4, SUMATERA SELATAN) <i>Muhammad Irsan Marwanda Bachtiar, Indra Nurtjahjaningtyas and Paksitya Purnama Putra</i> | G-11 |
| | |
| UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN TANAH LATERIT DENGAN MEMANFAATKAN KAPUR PADAM DAN SEMEN PORTLAND KOMPOSIT <i>Franky E. P. Lopian</i> | G-21 |
| | |
| PEMANFAATAN BATU KAPUR UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN CAMPURAN TANAH LATERIT YANG DIKAT OLEH PASTA SEMEN PORTLAND KOMPOSIT <i>Franky E. P. Lopian</i> | G-29 |
| | |
| ACCURACY TEST FOR THE PLANNING MAP OF HOUSING AREA USING UAV AND GEODETIC <i>Fajar Maulana</i> | G-35 |
| | |
| GEOTECHNICAL INSTRUMENTS FOR BACK ANALYSIS ON SOFT SOIL IMPROVEMENT USING PRELOADING METHOD <i>Danil Bayu Suwiryono, Indra Nurtjahjaningtyas and Paksitya Purnama Putra</i> | G-41 |
| | |
| PERBANDINGAN PERHITUNGAN DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE MENGGUNAKAN PROGRAM ALLPILE V6.52 DENGAN METODE EMPIRIS O'NEIL DAN REESE (STUDI KASUS: PROYEK TRANS ICON SURABAYA) <i>Riantri Hidayat and Indra Nurtjahjaningtyas</i> | G-51 |
| | |
| KOMPARASI DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE DENGAN METODE EMPIRIS TERHADAP STATIC LOADING TEST <i>Shofana Elfa Hidayah and Indra Nurtjahjaningtyas</i> | G-61 |
| | |
| REINFORCMENT WITH GEOTEXTILE AND SHEET PILE IN LANDSLIDE SLOPE (CASE STUDY OF KEMUNINGLOR ARJASA VILLAGE, JEMBER REGENCY) <i>Mohammad Fathoni, Indra Nurtjahjaningtyas and Paksitya Putra</i> | G-71 |

Penggunaan Instrumen Geoteknik Untuk Analisa Balik Pekerjaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode *Preloading*

Geotechnical Instruments For Back Analysis On Soft Soil Improvement Using Preloading Method

Danil Bayu Suwiryo^a, Indra Nurtjahjaningtyas^b, Paksitya Purnama Putra^c

^a Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember, email: danilpbs96@gmail.com

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember, email: indra.nurtj@gmail.com

^c Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember, email: paksitya.putra@yahoo.com

ABSTRAK

Tanah lunak merupakan tanah yang memiliki daya dukung tanah yang rendah dan kompresibilitas tanah yang tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan di atasnya, sehingga perlu adanya perbaikan tanah. Salah satu metode perbaikan tanah yang sering digunakan yaitu metode *soil preloading*. Untuk meningkatkan efektifitas pekerjaan, maka perlu dilakukan evaluasi menggunakan metode analisa balik berdasarkan data-data hasil monitoring instrumen geoteknik untuk mengetahui parameter tanah aktual di lapangan. Pada penelitian ini digunakan 3 instrumen geoteknik. *Settlement plate* digunakan untuk memprediksi penurunan tanah akhir dan derajat konsolidasi di lapangan. Derajat konsolidasi juga bisa diketahui dengan menggunakan *piezometer*. *Inclinometer* digunakan untuk mengevaluasi stabilitas tanah timbunan. Metode yang digunakan untuk memprediksi penurunan tanah akhir adalah metode Asaoka. Penurunan akhir kemudian digunakan untuk menentukan parameter tanah aktual dengan metode analisa balik. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan penurunan aktual dan penurunan teoritis dengan rata-rata sebesar 0,12. Rata-rata penurunan akhir berdasarkan metode Asaoka adalah sebesar 48,4 mm. Derajat konsolidasi berdasarkan *settlement plate* adalah 97% dan berdasarkan *Piezometer* sebesar 84,9%. Berdasarkan pembacaan *Inclinometer* tanah timbunan dalam kondisi stabil dan tidak menunjukkan adanya indikasi longsor. Dari hasil analisa balik didapatkan parameter tanah aktual dengan nilai rata-rata C_h , m_v , k_v , dan C_c berturut-turut sebesar 0,0452 m²/hari; 0,000074 m²/kN; 0,00000081 m/hari; dan 0,0465.

Kata kunci: konsolidasi, preloading, PVD, Asaoka

ABSTRACT

Soft soil was a low bearing capacity soil and a high soil compressibility. That can cause damage to the building above. Therefore, it requires a planning of soft soil improvement. One method of soil improvement that is often used is soil preloading method. To increase the effectiveness of the work, it is necessary to evaluate with back analysis method based on the data of monitoring geotechnical instruments to determine soil design parameters in actual condition. In this study, the evaluation covers 3 (three) geotechnical instruments. Settlement plate was used to predict final settlement and consolidation degree in the field also can be evaluated using piezometer. The inclinometer was used to evaluated the stability of embankment. The method used to predict final settlement was Asaoka method. The final settlement used to determine soil design parameters in actual condition with back analysis method. The results of this study were comparisons of actual and theoretical settlement on average of 0,12. The prediction value of final settlement is 48,4 mm. The consolidation degree from settlement plate reading is 97% and piezometer reading is 84,9%. Based on the inclinometer reading, the embankment is stable and does not indicate an indication of a land slide. From the results of back analysis method, soil parameters in actual condition are counted for an average value of C_h , m_v , k_v , and C_c are 0,0452 m²/day; 0,000074 m²/kN; 0,00000081 m/hari; and 0,0465.

Keywords: consolidation, preloading, PVD, Asaoka

PENDAHULUAN

Kendala utama yang dihadapi dalam pembangunan infrastruktur adalah minimnya ketersediaan lahan dengan kondisi tanah yang baik sehingga pembangunan terpaksa dilakukan diatas lahan dengan kondisi tanah yang buruk atau tanah lunak. Tanah lunak merupakan tanah dengan daya dukung tanah yang rendah dan kompresibilitas tanah yang tinggi. Hal tersebut akan berakibat buruk bagi bangunan diatasnya apabila tidak dilakukan perbaikan pada tanah tersebut. Salah satu metode perbaikan tanah yang sering digunakan adalah metode *Soil Preloading*. Metode *Soil Preloading* merupakan metode perbaikan tanah dengan memanfaatkan tekanan yang diberikan oleh beban timbunan yang dipadukan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* untuk mempercepat proses konsolidasi tanah.

Untuk meningkatkan efisiensi dalam perbaikan tanah tersebut perlu dilakukan evaluasi baik dari segi instrumentasi geoteknik maupun evaluasi penurunan akhir serta menghitung besarnya parameter tanah aktual dilapangan dengan menggunakan metode analisa balik.

METODE PENELITIAN

Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang digunakan yaitu data tanah dasar dan juga data monitoring instrumen geoteknik yang nantinya akan diolah sesuai dengan kebutuhan analisis.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di kawasan proyek Jalan Tol Pematang Panggang Kayu Agung (PPKA) Seksi IV Kecamatan Kayu Agung, Kabupaten Ogan Komilir Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Data-data yang digunakan merupakan data-data pada area *soil preloading* yaitu pada STA 179 + 400 sampai STA 179 + 550.

Tahapan Analisis

Tahapan analitis dalam penulisan penelitian ini adalah perhitungan besar penurunan konsolidasi secara teori, perhitungan prediksi penurunan tanah akhir dengan menggunakan metode asaoka, penghitungan parameter-parameter tanah dilapangan menggunakan metode *back analysis*, serta perhitungan derajat konsolidasi dan kestabilan tanah. Besar penurunan konsolidasi tanah di lapangan didapatkan dari hasil monitoring *settlement plate*. Hasil monitoring *settlement plate* dan besar penurunan konsolidasi yang didapat dari perhitungan secara teori kemudian di-plot pada satu grafik yang sama lalu dibandingkan antar keduanya.

Nilai derajat konsolidasi didapat dengan membandingkan besar penurunan riil dilapangan dengan hasil prediksi penurunan akhir yang dihitung menggunakan metode Asaoka. Setelah didapat nilai derajat konsolidasinya kemudian dibandingkan dengan derajat konsolidasi yang didapatkan dari monitoring *vibrating wire piezometer*. Hal ini dilakukan untuk memvalidasi derajat konsolidasi yang didapat dari monitoring *settlement plate*. Untuk syarat kestabilan tanah timbunan dihitung dengan menggunakan data inclinometer. Dari syarat kestabilan tersebut dapat diketahui apakah tanah timbunan akan mengalami longsor atau tidak. Setelah diketahui nilai dari penurunan akhir, maka dapat dihitung parameter parameter tanah dengan menggunakan metode *back anlysis*. Parameter parameter tanah yang dihitung

kembali meliputi koefisien konsolidasi arah horizontal (C_h), koefisien kompresibilitas volume, permeabilitas tanah arah vertikal (k), dan indeks pemampatan (C_c).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data tanah sekunder. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan penurunan akhir, derajat konsolidasi, kestabilan timbunan serta parameter tanah baru sesuai keadaan aktual di lapangan.

Parameter Tanah

Parameter tanah yang didapatkan dari data sekunder dipilih dan diolah sedemikian rupa sehingga data siap digunakan. Parameter-parameter tanah yang tidak diketahui namun dibutuhkan dalam perhitungan ditentukan berdasarkan korelasi dengan N-SPT. Adapun parameter tanah yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Parameter Tanah

| Depth (m) | Soil Description | γ_{sat} t/m ³ | e | C_c | C_s | C_v (m ² /hari) |
|-----------|----------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------|
| 0-0,9 | Silty clay, soft to medium | 1,9 | 1,2 | 0,444 | 0,074 | 0,00083 |
| 0,9-5,4 | Coarsed sand, medium dense | 1,8 | 0,575 | 0,213 | 0,035 | - |
| 5,4-7,8 | Silty clay, soft | 1,8 | 1,1 | 0,407 | 0,068 | 0,00055 |
| 7,8-11 | Silty clay, soft to medium | 1,9 | 1,2 | 0,444 | 0,074 | 0,00083 |
| 11-15 | Silty clay, Stiff | 2,0 | 0,6 | 0,222 | 0,037 | 0,00332 |

Perbandingan Penurunan Aktual dan Penurunan Teoritis

Metode perhitungan penurunan yang digunakan adalah metode *one way dimension settlement*. Penurunan tanah dihitung tiap ketebalan 1 meter sampai pada kedalaman *Prefabricated Vertical Drain* yaitu sampai dengan kedalaman 15 meter. Penurunan dapat dihitung dengan rumus umum :

$$S = \left[\frac{C}{1+e} l \left(\frac{P_c'}{P_o'} + \frac{C}{1+e} l \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_c'} \right) \right) \right] H \quad (1)$$

dengan S_c = besar penurunan, e_0 = angka pori awal, H = tebal lapisan tanah, P_o' = tegangan overburden efektif, ΔP = perubahan tegangan, P_c' = tegangan prakonsolidasi, C_c = indeks pemampatan, C_s = indeks pemuai.

Berdasarkan rumus penurunan tersebut didapatkan besar penurunan teoritis untuk setiap titik *settlement plate*. Adapun penurunan aktual didapatkan dari hasil pembacaan *settlement plate* pada hari ke-163 seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Penurunan Aktual dan Teoritis

| TITIK SP | PENURUNAN AKTUAL HARI KE 163 (m) | PENURUNAN TEORITIS HARI KE 163 (m) | PERBANDINGAN S_c AKTUAL DAN TEORITIS |
|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| L | 0,068 | 0,365 | 0,19 |
| SP 01 CL | 0,046 | 0,414 | 0,11 |
| R | 0,039 | 0,415 | 0,09 |
| L | 0,018 | 0,335 | 0,05 |
| SP 02 CL | 0,046 | 0,365 | 0,13 |
| R | 0,071 | 0,376 | 0,19 |
| L | 0,031 | 0,354 | 0,09 |
| SP 03 CL | 0,062 | 0,415 | 0,15 |
| R | 0,043 | 0,422 | 0,10 |
| Rata-rata | 0,047 | 0,385 | 0,122 |

Pada Table 2. dapat dilihat total penurunan teoritis yang terjadi pada SP 02 R adalah sebesar 0,376 m atau 376 mm. Penurunan aktual SP 02 R pada hari ke-163 adalah sebesar 71 mm sehingga didapatkan perbandingan penurunan aktual dan penurunan teoritis pada SP 02 R adalah sebesar 0,19. Rata-rata perbandingan penurunan aktual dan penurunan teoritis adalah sebesar 0,122 yang berarti besar penurunan aktual pada hari ke-163 hanya sekitar 12,2% dari penurunan teoritis.

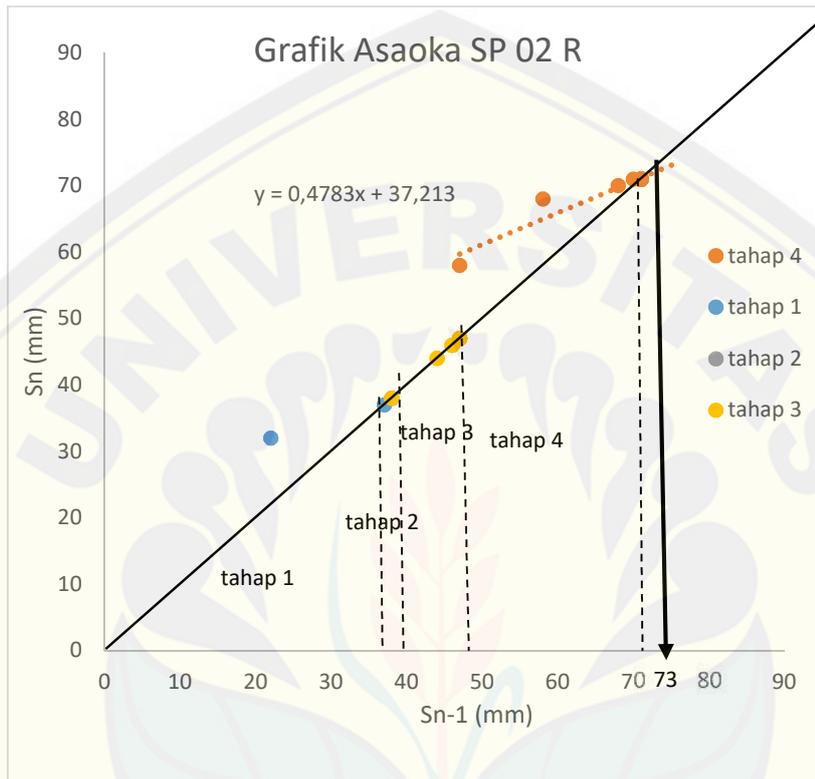
Prediksi Penurunan Tanah Akhir Metode Asaoka

Prediksi penurunan tanah dengan menggunakan metode Asaoka didasarkan pada penurunan aktual di lapangan yaitu berdasarkan data hasil *monitoring settlement plate*. Sebagai contoh digunakan data *monitoring settlement plate* SP 02 R. Data yang digunakan pada prediksi penurunan akhir metode Asaoka dimulai pada hari ke-88 yaitu pada tahap terakhir penimbunan dilakukan sampai dengan hari ke-163 dengan interval yang digunakan adalah setiap 5 hari. Data penurunan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. dan hasil dari prediksi penurunan akhir SP 02 R metode Asaoka dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 3. Besar Penurunan SP 02 R Hari ke-n (S_n) dan Hari ke n-1 (S_{n-1})

| SP 02 R | | | |
|-----------|-----------------|-----------|-------|
| Hari ke-n | Interval (hari) | S_{n-1} | S_n |
| 88 | 5 | 47 | 58 |
| 93 | 5 | 58 | 68 |
| 98 | 5 | 68 | 70 |
| 103 | 5 | 70 | 71 |
| 108 | 5 | 71 | 71 |
| 113 | 5 | 71 | 71 |
| 118 | 5 | 71 | 71 |
| 123 | 5 | 71 | 71 |
| 128 | 5 | 71 | 71 |
| 133 | 5 | 71 | 71 |
| 138 | 5 | 71 | 71 |

| Hari ke-n | Interval (hari) | Sn-1 | Sn |
|-----------|-----------------|------|----|
| 143 | 5 | 71 | 71 |
| 148 | 5 | 71 | 71 |
| 153 | 5 | 71 | 71 |
| 158 | 5 | 71 | 71 |
| 163 | 5 | 71 | 71 |



Gambar 1. Prediksi Penurunan Akhir Metode Asaoka

Pengambilan data untuk memprediksi penurunan akhir dengan metode observasi Asaoka dimulai pada tahap terakhir penimbunan, yaitu pada hari ke-88. Dari hasil perpotongan garis linier yang didapat dari data-data SP 02 R dengan garis 45° pada Gambar 1, didapatkan besar penurunan akhir SP 02 R adalah 73 mm.

Derajaan Konsolidasi Settlement Plate

Nilai derajad konsolidasi didapatkan dengan membandingkan besar penurunan aktual berdasarkan settlement plate pada hari tertentu dengan penurunan akhir yang diperoleh dari metode Asaoka. Nilai konsolidasi pada masing-masing titik settlement plate ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Prediksi Penurunan Akhir Metode Asaoka

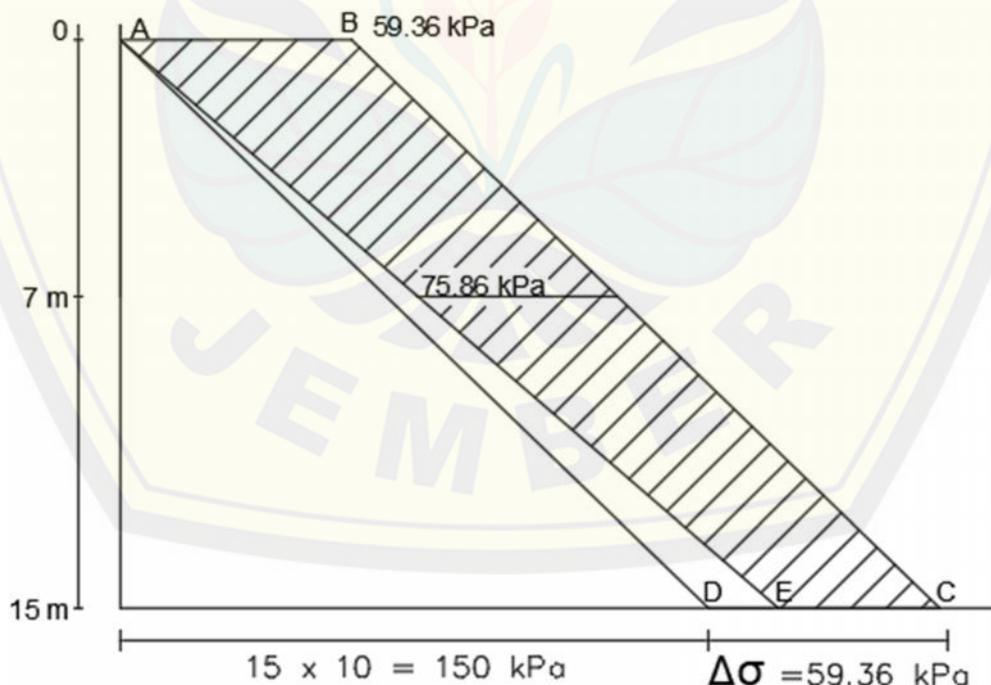
| TITIK SP | | PENURUNAN AKTUAL HARI KE 163 (mm) | PENURUNAN AKHIR METODE ASAOKA (mm) | U(%) |
|----------|----|--------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| SP 01 | L | 68 | 70 | 97,14 |
| | CL | 46 | 47 | 97,87 |

| | | PENURUNAN AKTUAL | PENURUNAN AKHIR | U (%) |
|-------|-----------|------------------|--------------------|-------|
| | | HARI KE-163 (mm) | METODE ASAOKA (mm) | |
| SP 02 | R | 39 | 41 | 95,12 |
| | L | 18 | 19 | 94,74 |
| | CL | 46 | 47 | 97,87 |
| | R | 71 | 73 | 97,26 |
| | L | 31 | 32 | 96,88 |
| SP 03 | CL | 62 | 63 | 98,41 |
| | R | 43 | 44 | 97,73 |
| | Rata-rata | | | 97,00 |

Dari tabel 4 didapatkan rata-rata besar derajat konsolidasi yang terjadi pada hari ke-163 adalah sebesar 97,00%. Derajat konsolidasi yang terjadi sudah melewati 90% yang berarti proses konsolidasi bisa dikatakan sudah selesai karena besar penurunan yang mungkin terjadi selanjutnya sangat kecil sampai pada tahap bisa diabaikan.

Derajaan Konsolidasi *Piezometer*

Penentuan derajat konsolidasi juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan data dari *vibrating wire piezometer*. Pada penelitian ini, terdapat satu buah *piezometer* yaitu pada Sta 179+475. Jumlah tip yang digunakan pada *piezometer* ini adalah sebanyak satu buah tip yaitu pada kedalaman 7 meter dibawah permukaan tanah dengan tekanan air pori yang terbaca adalah 75,86 kPa.



Gambar 2. Skema Perhitungan Derajat Konsolidasi Berdasarkan *Piezometer*

Besarnya derajat konsolidasi dapat dihitung dengan membandingkan luas daerah arsiran (L_{ADCE}) dengan luas daerah jajar genjang (L_{ABCD}) sehingga dihasilkan nilai derajat konsolidasi berdasarkan pembacaan *piezometer* adalah 84,9%

Kestabilan Tanah pada Timbunan

Kestabilan tanah akibat timbunan dapat ditentukan berdasarkan data hasil pembacaan *inclinometer*. Pada penelitian ini digunakan data pembacaan *inclinometer* yang terletak pada Sta 179+475. Pergeseran tanah lateral terbesar terjadi pada kedalaman 0,5 m untuk arah A dan juga arah B.

Berdasarkan data *monitoring inclinometer* didapatkan nilai Y_z sebesar 31,25 mm dengan Y_z ijin sebesar 60,16 mm. Nilai Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 , Δ_4 berturut-turut yaitu 20,82; 0,17; 0,03; 0,01. Berdasarkan nilai tersebut tanah timbunan pada Proyek Jalan Tol PPKA seksi IV dalam kondisi stabil dan tidak menunjukkan adanya indikasi longsor sesuai dengan syarat kestabilan dimana $Y_z < Y_z$ ijin dan $\Delta_4 < \Delta_3 < \Delta_2 < \Delta_1$

Analisa Balik Parameter Tanah

Perhitungan analisa balik parameter tanah didasarkan pada hasil prediksi penurunan akhir metode Asaoka. Adapun perhitungan analisa balik meliputi parameter tanah antara lain koefisien konsolidasi tanah arah horizontal (C_h), koefisien kompresibilitas volume (m_v), permeabilitas tanah arah vertikal (k_v), dan juga indeks pemampatan (C_c).

Nilai koefisien konsolidasi arah horizontal (C_h) ditentukan berdasarkan hubungannya dengan nilai β dari grafik Asaoka. Koefisien kompresibilitas volume (m_v) didapat berdasarkan hubungannya dengan penurunan akhir, kedalaman PVD, serta penambahan tegangan (ΔP). Nilai permeabilitas tanah arah vertikal (k_v) didapatkan berdasarkan nilai C_v dan m_v . Indeks pemampatan (C_c) didapat dari perhitungan kembali nilai penurunan tanah. Parameter tanah baru berdasarkan kondisi aktual di lapangan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Parameter Tana Aktual

| SP | C_h (m ² /hari) | m_v (m ² /kN) | k_v (m/hari) | C_c |
|-----------|------------------------------|----------------------------|----------------|--------|
| SP 01 L | 0,0522 | 0,00011 | 0,0000012 | 0,071 |
| SP 01 CL | 0,0203 | 0,00007 | 0,0000007 | 0,042 |
| SP 01 R | 0,0171 | 0,00006 | 0,0000006 | 0,037 |
| SP 02 L | 0,0331 | 0,00003 | 0,0000004 | 0,021 |
| SP 02 CL | 0,0335 | 0,00008 | 0,0000008 | 0,048 |
| SP 02 R | 0,0460 | 0,00011 | 0,0000013 | 0,072 |
| SP 03 L | 0,1021 | 0,00005 | 0,0000006 | 0,034 |
| SP 03 CL | 0,0461 | 0,00009 | 0,0000010 | 0,056 |
| SP 03 R | 0,0561 | 0,00006 | 0,0000007 | 0,038 |
| Rata-rata | 0,0452 | 0,000074 | 0,00000081 | 0,0465 |

KESIMPULAN

1. Rata-rata perbandingan penurunan tanah secara aktual dan penurunan teoritis adalah sebesar 0,122 atau 12,2% yang berarti besar penurunan aktual hanya sekitar 12,2% dari besar penurunan teoritis
2. Berdasarkan prediksi penurunan akhir dengan metode observasi Asaoka, besar penurunan akhir untuk SP 01 (L, CL, R), SP 02 (L, CL, R), SP 03 (L, CL, R) berturut-turut adalah

70 mm; 47 mm; 40,8 mm; 19 mm; 47 mm; 73 mm; 32 mm; 62 mm; 44 mm dengan rata-rata penurunan akhir itu sebesar 48.4 mm.

3. Derajat konsolidasi rata-rata dari 9 titik *settlement plate* adalah sebesar 97%, sedangkan derajat konsolidasi berdasarkan *monitoring piezometer* adalah sebesar 84,9%
4. Berdasarkan data *monitoring inclinometer* didapatkan nilai Y_z sebesar 31,25 mm dengan Y_z ijin sebesar 60,16 mm. Nilai $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ berturut-turut yaitu 20,82; 0,17; 0,03; 0,01. Berdasarkan nilai tersebut tanah timbunan pada Proyek Jalan Tol PPKA seksi IV dalam kondisi stabil dan tidak menunjukkan adanya indikasi longsor sesuai dengan syarat kestabilan dimana $Y_z < Y_z$ ijin dan $\Delta_4 < \Delta_3 < \Delta_2 < \Delta_1$
5. Dari hasil perhitungan analisa balik didapatkan rata-rata parameter tanah baru sebagai berikut:
 $Ch = 0,0452 \text{ m}^2/\text{hari}$
 $mv = 0,000074 \text{ m}^2/\text{kN}$
 $kv = 0,00000081 \text{ m}/\text{hari}$
 $Cc = 0,0465$

DAFTAR PUSTAKA

- Asaoka, Akira. 1978. Observational procedure of settlement prediction. *Soil and foundations japanese society of soil Mechanics and Foundation Engineering*. 18(4): 87-101.
- Aspar, Wimpie Agoeng N., Fitriani, Eka Nur, dan Arthono, Andri. 2017. Perhitungan kembali nilai koefisien konsolidasi pada perbaikan tanah lempung lunak. *Jurnal Teknologi*. 7(1): 1-13.
- Craig, R. F. 1986. *Soil Mechanics*. Fourth Edition. Dundee: Department of Civil Engineering University of Dundee. Terjemahan oleh Budi Susilo. Soepandji. 1987. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M. 1985. *Principles of Geotechnical Engineering*. Terjemahan oleh Noor Endah. Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M., Sivakugan, N., dan Ameratunga, Jay. 2016. *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. India: Springer India
- Ekamargarezki, Yohanes D., Munawir, A., dan Kuswanda, Wahyu P. 2018. Evaluasi kinerja perbaikan tanah lunak menggunakan instrumen geoteknik pada area cluster di kawasan Kota Summarecon Bandung dengan metode vacuum consolidation. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*. 1(1): 64-69.
- Indraratna, B., Rujikiatkamjorn, C., Wijeyakulasuriya, V., McIntosh, G., dan Kelly, R. 2010. Soft soils improved by prefabricated vertical drains: performance and prediction. In Almeida, M (ed), *Symposium on New Techniques for Design and Construction in Soft Clays*. 227-246.
- Lilabsari, Zahra F., Munawir, A., Zaika, Y., dan Kuswanda, Wahyu P. 2018. Evaluasi kinerja perbaikan tanah lunak dengan menggunakan *preloading* dan *prefabricated vertical drain* (PVD). *Rekayasa Sipil*. 12(2): 112-117
- Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah (RC09-1402)*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November.

- Nawir, H., Apoji, D., Fatimatuzahro, R., dan Pamudji, M. Dwi. 2012. Prediksi penurunan tanah menggunakan prosedur observasi asaoka studi kasus: timbunan di Bontang, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Sipil*. 19(2): 133-148.
- Soedarmo, G. Djatmiko, dan Purnomo, S. J. Edy. 1993. *Mekanika Tanah 1*. Malang: Kanisius.
- Terzaghi, Karl., dan B. Peck., Ralph. 1993. *Soil Mechanics in engineering practice*. Terjemahan oleh Bagus. Witjaksono dan Benny Krisna. R. 1993. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.

