

**OPTIMASI NILAI PERMEABILITAS DAN KOMPRESIBILITAS TANAH  
BERDASARKAN UJI OEDOMETER DAN TEORI KONSOLIDASI 1D TERZAGHI**

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

Hansel Schaeffer Sumaji

NPM : 170216942



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

MEI 2021

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa  
Tugas Akhir dengan judul :

### **Optimasi Nilai Permeabilitas dan Kompresibilitas Tanah**

### **Berdasarkan Uji Oedometer dan Teori Konsolidasi 1D Terzaghi**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 18 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



(Hansel Schaeffer Sumaji)

# **Lembar Pengesahan**

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

**OPTIMASI NILAI PERMEABILITAS DAN KOMPRESIBILITAS TANAH  
BERDASARKAN UJI OEDOMETER DAN TEORI KONSOLIDASI 1D TERZAGHI**

Disusun Oleh :

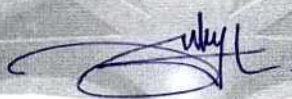
**Hansel Schaeffer Sumaji**

**NPM. : 17 02 16942 / TS**

**Telah diperiksa, diuji, dan disetujui**

**Yogyakarta, 7 Juli 2021**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Eng. Luky Handoko S.T, M.Eng**

**Disahkan Oleh:**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil**



**AY. Harijanto Setiawan Ir., M.Eng., Ph,D**

# Lembar Pengesahan

Laporan Tugas Akhir

OPTIMASI NILAI PERMEABILITAS DAN KOMPRESIBILITAS TANAH

BERDASARKAN UJI OEDOMETER DAN TEORI KONSOLIDASI 1D TERZAGHI

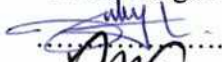


Oleh:

HANSEL SCHAEFFER SUMAJI

NPM : 17 02 16942

Telah diuji dan disetujui oleh

|            | Nama                                  | Tanda Tangan                                                                        | Tanggal     |
|------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ketua      | : Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng. |  | 7 Juli 2021 |
| Sekretaris | : Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc.           |  | 5 Juli 2021 |
| Anggota    | : Dr. Ir. FX. Junaedi Utomo, M.Eng.   |  | 6 Juli 2021 |

## Kata Pengantar

Puji Syukur ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena penyertaan dan berkat yang diberikan penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Optimasi Nilai Permeabilitas dan Kompresibilitas Tanah Berdasarkan Uji Oedometer dan Teori Konsolidasi 1D Terzaghi” dengan baik sebagai syarat kelulusan Pendidikan tinggi Program Strata Satu (S1) pada program Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pada BAB 1 laporan Tugas Akhir berisi penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, keaslian dan lokasi Tugas Akhir. BAB II laporan Tugas Akhir berisi referensi penelitian -penelitian terdahulu yang menjadi tinjauan pustaka penulis. BAB III akan menjelaskan dasar teori yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini. BAB IV berisi metode pelaksanaan pengujian yang akan dilakukan pada pengerjaan Tugas Akhir. BAB V laporan Tugas Akhir ini berisi hasil, analisis dan pembahasan dari percobaan yang telah dilakukan. BAB VI adalah bab terakhir yang berisikan saran dan kesimpulan dari penulis yang dapat menjadi masukan pada penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 8 Mei 2021  
yang membuat pernyataan



Hansel Schaeffer Sumaji

## Persembahan

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan kemampuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Dr. Eng. Luky Handoko S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah meluangkan waktu, arahan, bimbingan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir bidang peminatan Geoteknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. Orang Tua yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan harapan
6. Mas Oktoditya Ekaputra, selaku Staf Laboratorium Mekanika Tanah yang telah membantu dalam pemberian data selama pada Tugas Akhir.
7. Saudari Nadia yang selalu memberikan semangat dalam penulisan.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu pada penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini

## Daftar Isi

### Daftar Isi

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Cover.....                     | i    |
| Pernyataan.....                | ii   |
| Lembar Pengesahan .....        | iii  |
| Lembar Pengesahan .....        | iv   |
| Kata Pengantar .....           | v    |
| Persembahan .....              | vi   |
| Daftar Isi .....               | vii  |
| Daftar Gambar .....            | x    |
| Daftar Tabel .....             | xii  |
| Intisari .....                 | xiii |
| BAB 1 Pendahuluan.....         | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....        | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....      | 4    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....     | 4    |
| 1.4 Batasan Masalah.....       | 4    |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....    | 5    |
| 1.6 Keaslian Tugas Akhir ..... | 5    |
| 1.7 Lokasi Penelitian .....    | 7    |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....   | 8    |
| 2.1 Metode Terzaghi.....       | 8    |
| 2.2 Metode Casa Grande .....   | 8    |
| 2.3 Metode Taylor .....        | 9    |

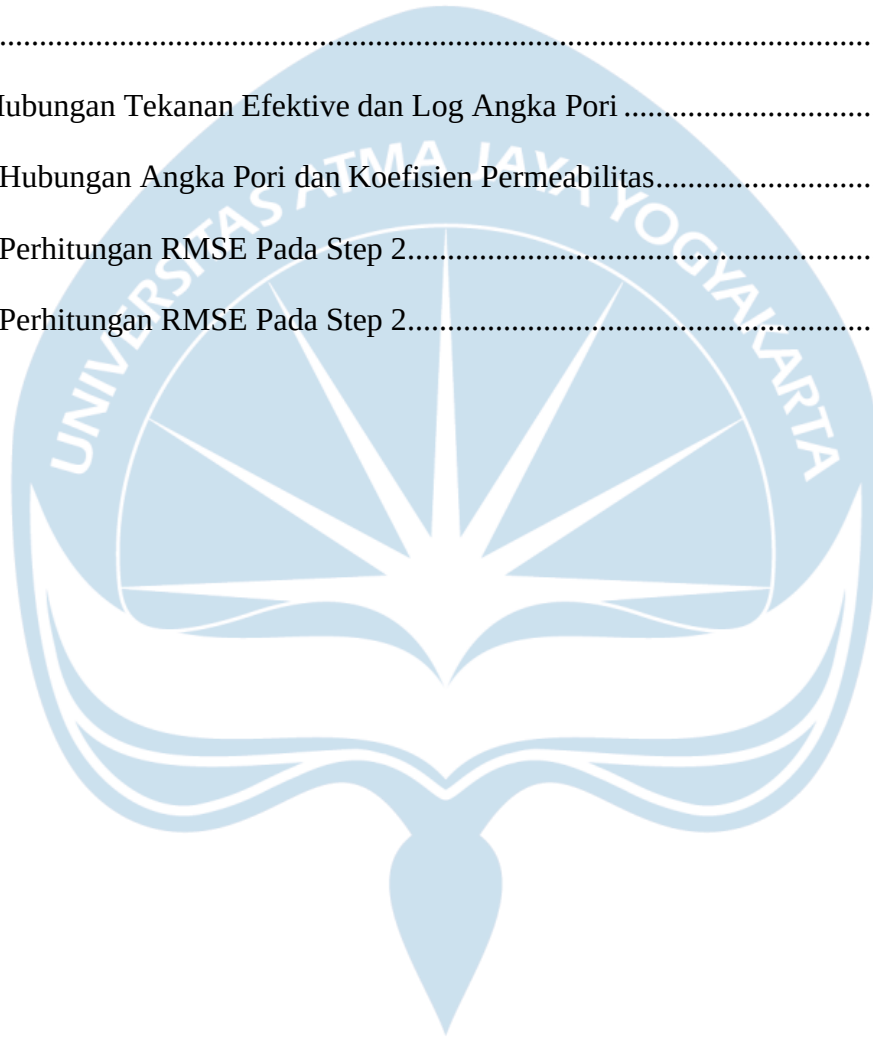
|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4 Inflection Point Method (Metode Titik Potong).....                | 10 |
| 2.5 Metode Analitik.....                                              | 11 |
| 2.6 Metode Kecepatan .....                                            | 12 |
| 2.7 Rectangular Hyperbola Fitting Method.....                         | 13 |
| 2.8 Revised Logarith Of Time Fitting Method.....                      | 14 |
| 2.9 Asaoka .....                                                      | 15 |
| BAB 3 DASAR TEORI .....                                               | 18 |
| 3.1 Konsolidasi .....                                                 | 18 |
| 3.2 Tekanan Air Pori .....                                            | 18 |
| 3.3 Permeabilitas .....                                               | 19 |
| 3.4 Koefisien Perubahan Volume.....                                   | 20 |
| 3.5 Sifat tanah.....                                                  | 20 |
| 3.5.1 Angkapori.....                                                  | 20 |
| 3.5.2 Berat jenis.....                                                | 20 |
| 3.5.3 Berat Volume tanah.....                                         | 21 |
| 3.6 Pengujian Konsolidasi .....                                       | 21 |
| 3.7 Hubungan antara Angkapori dengan Log Tegangan Efektif.....        | 21 |
| 3.8 Hubungan antara Angkapori dengan Log Koefisien permeabilitas..... | 22 |
| 3.9 Casa Grande.....                                                  | 24 |
| 3.10 Taylor .....                                                     | 25 |
| 3.11 Optimas.....                                                     | 25 |
| 3.12 Root Mean Square Error (RMSE) .....                              | 26 |
| 3.13 Particle Swam Optimization.....                                  | 27 |
| 3.14 MATLAB. ....                                                     | 27 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| BAB 4 METODELOGI PENELITIAN.....                             | 29 |
| 4.1 Persiapan Material .....                                 | 29 |
| 4.2 Metode Pengujian.....                                    | 30 |
| BAB 5 Pembahasan .....                                       | 35 |
| 5.1 Perhitungan Koefisien Konsolidasi Casagrande .....       | 35 |
| 5.2 Perhitungan Koefisien Konsolidasi Taylor .....           | 37 |
| 5.3 Perhitungan Penurunan.....                               | 38 |
| 5.4 Hubungan Koefisien Konsolidasi dan Tekanan Efektive..... | 41 |
| 5.5 Hubungan Angka Pori dan Tekanan Efektive .....           | 43 |
| 5.6 Hubungan Angka Pori dan Koefisien Permeabilitas .....    | 44 |
| 5.7 Hubungan Angka Pori dan Koefisien Kompresibilitas .....  | 45 |
| 5.8 RMSE .....                                               | 45 |
| BAB 6 Kesimpulan dan Saran.....                              | 48 |
| 6.1 Kesimpulan.....                                          | 48 |
| 6.2 Saran .....                                              | 48 |
| Daftar Pustaka.....                                          | 49 |

## Daftar Gambar

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Metode Casa Grande (Casa Grande,1948).....                                                                                   | 9  |
| Gambar 2.2 Metode Taylor (Taylor,1948) .....                                                                                            | 10 |
| Gambar 2.3 Metode Titik Potong (Robinson,1997) .....                                                                                    | 11 |
| Gambar 2.4 Metode Analitik (Shivaram & K. Swamee,1977).....                                                                             | 12 |
| Gambar 2.5 Metode Kecepatan (Parkin,1990) .....                                                                                         | 13 |
| Gambar 2.6 Metode Rectangular Hyperbola Fitting (Sridharan,1988) .....                                                                  | 14 |
| Gambar 2.7 Revised Logarith Of Time Fitting Method (Robinson dan Alan ,1996).....                                                       | 15 |
| Gambar 2.8 Metode Asaoka (Asaoka , 1978).....                                                                                           | 16 |
| Gambar 3.1 Hubungan antara Angkapori dengan Log Tegangan Efektif .....                                                                  | 22 |
| Gambar 3.2 Hubungan antara Angkapori dengan Log Koefisien permeabilitas .....                                                           | 23 |
| Gambar 3.3 Metode Pelaksanaan Casa Grande .....                                                                                         | 24 |
| Gambar 3.4 Metode Pelaksanaan Taylor .....                                                                                              | 25 |
| Gambar 3.5 RMSE.....                                                                                                                    | 27 |
| Gambar 4.1 Penurunan Tahap kedua (Garcia-Ros,2020) .....                                                                                | 30 |
| Gambar 4.2 Penurunan Tahap Ketiga (Garcia-Ros,2020) .....                                                                               | 30 |
| Gambar 4.3 Metode Penelitian .....                                                                                                      | 32 |
| Gambar 4.4 Detail Optimasi PSO .....                                                                                                    | 33 |
| Gambar 5.1 Grafik Penurunan Step 2 menggunakan Metode Casagrande .....                                                                  | 35 |
| Gambar 5.2 Grafik Penurunan Step 3 menggunakan Metode Casagrande.....                                                                   | 36 |
| Gambar 5.3 Grafik Penurunan Step 2 menggunakan Metode Taylor.....                                                                       | 37 |
| Gambar 5.4 Grafik Penurunan Step 3 menggunakan Metode Taylor.....                                                                       | 38 |
| Gambar 5.5 Perbandingan hasil penurunan menggunakan koefisien konsolidasi metoded Optimasi PSO, Taylor dan Casagrande pada Step 2 ..... | 39 |

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 5.6 Perbandingan hasil penurunan menggunakan koefisien konsolidasi metoded Optimasi PSO, Taylor dan Casagrande pada Step 3 ..... | 40 |
| Gambar 5.7 Koefisien Konsolidasi pada Step 2 dengan metode Optimasi PSO, Taylor dan Casa Grande.....                                    | 41 |
| Gambar 5.8 Koefisien Konsolidasi pada Step 3 dengan metode Optimasi PSO, Taylor dan Casa Grande.....                                    | 42 |
| Gambar 5.9 Hubungan Tekanan Efektive dan Log Angka Pori .....                                                                           | 44 |
| Gambar 5.10 Hubungan Angka Pori dan Koefisien Permeabilitas.....                                                                        | 45 |
| Gambar 5.11 Perhitungan RMSE Pada Step 2.....                                                                                           | 46 |
| Gambar 5.12 Perhitungan RMSE Pada Step 2.....                                                                                           | 47 |



## Daftar Tabel

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Metode Terdahulu untuk menentukan Koefisien Konsolidasi ..... | 17 |
| Tabel 4.1 Soil Properties.....                                          | 29 |
| Tabel 5.1 Perbandingan Koefisien Konsolidasi.....                       | 43 |



## Intisari

**OPTIMASI NILAI PERMEABILITAS DAN KOMPRESIBILITAS TANAH BERDASARKAN UJI OEDOMETER DAN TEORI KONSOLIDASI 1D TERZAGHI,** Hansel Schaeffer Sumaji, NPM 170216942, Tahun 2021, Bidang Peminatan Geoteknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Teori konsolidasi Terzaghi 1D sering digunakan dalam praktik untuk menghitung konsolidasi fungsi waktu. Teori Terzaghi menggunakan nilai koefisien konsolidasi yang konstan. Jika perhitungan dilakukan pada tanah lempung yang memiliki permeabilitas tinggi salah satu contohnya adalah tanah reklamasi maka hasil perhitungan penurunan tidak dapat digunakan. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan koefisien konsolidasi yang mempertimbangkan perubahan nilai permeabilitas dan kompresibilitas tanah berdasarkan waktu.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai koefisien konsolidasi yang universal yang didapatkan dari pengujian laboratorium yang di validasikan dengan hasil numerik dengan mempertimbangkan tekanan air pori berlebihan, angka permeabilitas dan Koefisien perubahan volume menggunakan metode analitik dan optimasi menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO ) dengan metode back step calculation. Pertama penginputan batasan pada PSO dari nilai koefisien kompresibilitas, koefisien kemiringan permeabilitas dan koefisien permeabilitas. Kedua penghitungan tekanan air pori akan dihitung secara analitik. Hasil dari optimasi tersebut akan di verifikasi dengan data tanah yang ada. Pehitungan akan dilakukan mundur (back step). Tanah dimodelkan homogen. Pengujian ini menggunakan software MATLAB 2019. Hasil akhir yang didapatkan akan dicek erornya menggunakan RMSE (Root Mean Square Error) sehingga hasil perhitungan jika RMSE masih besar akan diulangi kembali hingga hasilnya mendekati.

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada perhitungan numerik dan pengujian laboratorium didapatkan nilai koefisien permeabilitas yang berbeda. Perhitungan koefisien konsolidasi dalam menentukan penurunan menggunakan pendekatan MATLAB lebih akurat dibandingkan dengan metode Casa Grande dan Taylor pada percobaan pertama dan kedua ketika dibandingkan dengan hasil pengujian laboratorium. Pada perhitungan RMSE didapatkan hasil 0.01 dan 0.03. Hubungan antara nilai angkapori terhadap log koefisien permeabilitas dan hubungan nilai angkapori dan log tegangan efektif adalah linier.

**Kata Kunci :** Koefisien Konsolidasi, Koefisien Permeabilitas, Optimasi, Particle Swarm Optimization, Metode Analitik dan Numerik.