

# **EVALUASI PERILAKU DAN KINERJA PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN METODE PRELOADING DAN PREFABRICATED VERTICAL DRAINS (PVD) UNTUK KAWASAN PERUMAHAN DI GEDEBAGE MENGGUNAKAN *SOFTWARE* PLAXIS 2D**

**YOGI NURHAYADI, DIAN ASTRIANI ARWANA ILYAS**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional  
Email : yoginurhayadi@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Pada proyek pembangunan di Gedebage direncanakan melakukan perbaikan tanah menggunakan kombinasi Preloading dan Prefabricated Vertical Drain (PVD) sebagai solusi permasalahan tanah lunak dengan rata-rata sedalam 20 m. Kondisi tanah dilapangan setelah perbaikan tanah menggunakan PVD dengan jarak 1,3 m sedalam 21m dan timbunan setinggi 5 m mengalami penurunan sebesar 1,5 m selama 120 hari. Pada tugas akhir ini akan membandingkan metode analitik dan numerik terhadap kondisi penurunan di lapangan. Hasil dari metode analitik (Terzaghi) penurunannya sebesar 1,463 m dengan waktu penurunan 41 hari dan metode numerik (PLAXIS 2D) menggunakan parameter tanah Hardering Soil dan menggunakan model Axisimetry mendapatkan penurunan sebesar 1,504 m dengan waktu penurunan 110 hari. Dari perbandingan antara kondisi lapangan dengan metode analitik dan numerik adalah hasil antara penurun kondisi lapangan dengan Terzaghi menggunakan PVD sebesar 2,5% dengan waktu penurun 34,2% dan hasil antara penurunan kondisi lapangan dengan PLAXIS 2D menggunakan PVD sebesar 0,27% dengan waktu penurunan 8,3%.*

**Kata kunci:** Tanah lunak, Analitik, Numerik, Preloading, Prefabricated Vertical Drain (PVD), PLAXIS 2D petunjuk penulisan, template dokumen, format, style

## **1. PENDAHULUAN**

Kondisi tanah di Gedebage merupakan tanah lunak yang seringkali menjadi permasalahan. Proyek pembangunan di Gedebage direncanakan melakukan perbaikan tanah menggunakan kombinasi Preloading dan Prefabricated Vertical Drain (PVD) sebagai solusi untuk permasalahan tanah tersebut. Kondisi tanah dilapangan setelah perbaikan tanah menggunakan PVD dengan jarak 1,3 m sedalam 21m dan timbunan setinggi 5 m mengalami penurunan sebesar 1,5 m selama 120 hari. Pada tugas akhir ini akan membandingkan analisis menggunakan metode Terzaghi dan pemodelan menggunakan PLAXIS 2D terhadap kondisi penurunan di lapangan.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Penyelidikan Tanah**

Salah satu tahapan paling awal yang perlu dilakukan dalam perencanaan pondasi adalah penyelidikan tanah. Uji penyelidikan tanah diperlukan untuk mengetahui daya dukung dan

karateristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah atau sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, kepadatan dan daya dukung tanah. Beberapa jenis penyelidikan tanah yaitu *Cone Penetration Test* (CPT), Pemboran Mesin (*Drilling Machine*), *Standard Penetration Test* (SPT), dan *Cone Penetration Test with Pore Water Measurement* (CPTu).

## 2.2 Penurunan (*Settlement*)

Penambahan beban diatas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Ada tiga jenis penurunan yaitu Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*), Penurunan Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation Settlement*), Penurunan Konsolidasi Sekunder (*Creep / Secondary Consolidaton Settlement*).

## 2.3 Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah adalah proses dimana karakteristik kompresibilitas, daya dukung, permeabilitas dan/atau ketahanan likuifaksi tanah setempat (tanah in-situ) yang tidak menguntungkan untuk fondasi bangunan atau infrastruktur yang akan didirikan diperbaiki secara sedemikian sehingga karakteristik tanah setempat tersebut berubah secara permanen dan memiliki karakteristik kompresibilitas, daya dukung, permeabilitas, dan/atau ketahanan likuifaksi yang memadai dan mencapai tingkat aman. Salah satu jenis perbaikan tanah yaitu Kombinasi *Preloading dan Prefabricated Vertical Drains* (PVD).

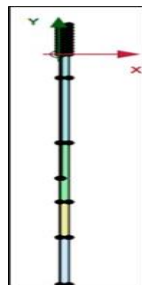
## 2.6 Aplikasi PLAXIS 2D

Plaxis 2D adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah.

# 3. PENGOLAHAN DATA

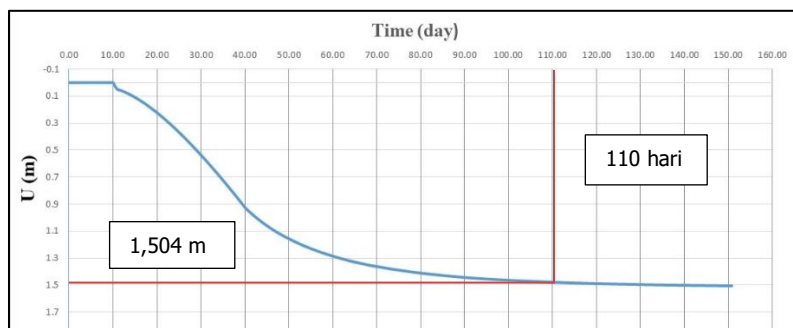
## 4.1 Pemodelan Menggunakan *Software* PLAXIS 2D

Simulasi timbunan setinggi 5m dengan pelaksanaan secara bertahap yaitu 0,5m per lapisan. Tinggi *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) ialah 21m dibawah permukaan timbunan seperti yang ditunjukkan pada ambar dibawah ini.



**Gambar 1. Pemodelan pada software PLAXIS 2D**

penurunan sudah selesai dengan waktu tertentu maka tanah tersebut diasumsikan sudah stabil, karena sudah tidak ada lagi pengaruh air yang mengakibatkan penurunan. Berikut hubungan antara waktu dan penurunan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2. Grafik hasil pemodelan PLAXIS 2D dengan PVD**

## 4.2 Analisis Penurunan Menggunakan Metode Terzaghi

Pada analisis penurunan konsolidasi menggunakan persamaan Terzaghi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1. Perhitungan penurunan konsolidasi menggunakan persamaan Terzaghi**

| Depth        | H   | P <sub>C</sub>    | Δσ                | τ <sub>w</sub>    | e    | C <sub>C</sub> | P <sub>0</sub>    | OCR     | P <sub>0</sub> + Δσ | C <sub>r</sub> | S      |
|--------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|------|----------------|-------------------|---------|---------------------|----------------|--------|
| m            | m   | kN/m <sup>2</sup> | kN/m <sup>2</sup> | kN/m <sup>3</sup> | -    | -              | kN/m <sup>2</sup> | -       | kN/m <sup>2</sup>   | -              | m      |
| 0 - 20       | 1   | 125               | 85                | 16                | 6    | 2.3            | 8                 | 15.625  | 93                  | 0.115          | 0.0175 |
|              | 1   | 125               | 85                | 16                | 6    | 2.3            | 24                | 5.20833 | 109                 | 0.115          | 0.0108 |
|              | 1   | 125               | 85                | 16                | 6    | 2.3            | 40                | 3.125   | 125                 | 0.115          | 0.0081 |
|              | 1   | 125               | 82.45             | 16                | 6    | 2.3            | 56                | 2.23214 | 138.45              | 0.115          | 0.0203 |
|              | 1   | 125               | 81.6              | 12                | 6    | 2.3            | 70                | 1.78571 | 151.6               | 0.115          | 0.0317 |
|              | 1   | 125               | 80.75             | 12                | 6    | 2.3            | 82                | 1.52439 | 162.75              | 0.115          | 0.0407 |
|              | 1   | 125               | 79.9              | 12                | 6    | 2.3            | 94                | 1.32979 | 173.9               | 0.115          | 0.0878 |
|              | 1   | 125               | 78                | 12                | 6    | 2.3            | 106               | 1       | 184                 | 0.115          | 0.0789 |
|              | 1   | 125               | 77                | 12                | 6    | 2.3            | 118               | 1       | 195                 | 0.115          | 0.0719 |
|              | 1   | 125               | 73.95             | 12                | 6    | 2.3            | 125               | 1       | 198.95              | 0.115          | 0.0663 |
|              | 1   | 125               | 73.1              | 12                | 6    | 2.3            | 127               | 0.98425 | 200.1               | 0.115          | 0.0649 |
|              | 1   | 125               | 72.25             | 12                | 6    | 2.3            | 129               | 0.96899 | 201.25              | 0.115          | 0.0635 |
|              | 1   | 125               | 70.55             | 13                | 6    | 2.3            | 131.5             | 0.95057 | 202.05              | 0.115          | 0.0613 |
|              | 1   | 125.00            | 69.70             | 13.00             | 6.00 | 2.3            | 134.5             | 0.93    | 204.20              | 0.115          | 0.0596 |
|              | 1   | 125               | 66.3              | 13                | 6    | 2.3            | 137.5             | 0.90909 | 203.8               | 0.115          | 0.0562 |
|              | 1   | 125               | 62.9              | 13                | 6    | 2.3            | 140.5             | 0.88968 | 203.4               | 0.115          | 0.0528 |
| 1            | 125 | 62.05             | 12                | 6                 | 2.3  | 143            | 0.87413           | 205.05  | 0.115               | 0.0514         |        |
| 1            | 125 | 59.5              | 12                | 6                 | 2.3  | 145            | 0.86207           | 204.5   | 0.115               | 0.0491         |        |
| 1            | 125 | 57.8              | 12                | 6                 | 2.3  | 147            | 0.85034           | 204.8   | 0.115               | 0.0473         |        |
| 1            | 125 | 56.1              | 12                | 6                 | 2.3  | 149            | 0.83893           | 205.1   | 0.115               | 0.0456         |        |
| 20 - 30      | 1   | 145               | 54.4              | 12                | 5    | 2              | 151               | 0.96026 | 205.4               | 0.100          | 0.0445 |
|              | 1   | 145               | 53.55             | 12                | 5    | 2              | 153               | 0.94771 | 206.55              | 0.100          | 0.0434 |
|              | 1   | 145               | 49.3              | 13                | 5    | 2              | 155.5             | 0.93248 | 204.8               | 0.100          | 0.0399 |
|              | 1   | 145               | 48.45             | 13                | 5    | 2              | 158.5             | 0.91483 | 206.95              | 0.100          | 0.0386 |
|              | 1   | 145               | 46.75             | 13                | 5    | 2              | 161.5             | 0.89783 | 208.25              | 0.100          | 0.0368 |
|              | 1   | 145               | 45.9              | 13                | 5    | 2              | 164.5             | 0.88146 | 210.4               | 0.100          | 0.0356 |
|              | 1   | 145               | 45.05             | 12                | 5    | 2              | 167               | 0.86826 | 212.05              | 0.100          | 0.0346 |
|              | 1   | 145               | 44.2              | 12                | 5    | 2              | 169               | 0.85799 | 213.2               | 0.100          | 0.0336 |
|              | 1   | 145               | 41.65             | 11                | 5    | 2              | 170.5             | 0.85044 | 212.15              | 0.100          | 0.0316 |
|              | 1   | 145               | 41                | 11                | 5    | 2              | 171.5             | 1       | 212                 | 0.100          | 0.0309 |
| 30 - 36      | 1   | 155               | 40                | 12                | 6    | 1.5            | 172.75            | 1       | 213                 | 0.075          | 0.0194 |
|              | 1   | 155               | 39.1              | 11.5              | 6    | 1.5            | 174.25            | 0.88953 | 213.35              | 0.075          | 0.0188 |
|              | 1   | 155               | 38.25             | 11.5              | 6    | 1.5            | 175.75            | 0.88193 | 214                 | 0.075          | 0.0183 |
|              | 1   | 155               | 37.4              | 12                | 6    | 1.5            | 177.5             | 0.87324 | 214.9               | 0.075          | 0.0178 |
|              | 1   | 155               | 36.55             | 12                | 6    | 1.5            | 179.5             | 0.86351 | 216.05              | 0.075          | 0.0172 |
|              | 1   | 155.00            | 35.70             | 12.00             | 6.00 | 1.5            | 181.5             | 0.85    | 217.20              | 0.075          | 0.0167 |
| 36 - 44      | 1   | 160               | 34.85             | 12                | 4    | 1              | 183.5             | 0.87193 | 218.35              | 0.050          | 0.0151 |
|              | 1   | 160               | 34                | 12                | 4    | 1              | 185.5             | 0.86253 | 219.5               | 0.050          | 0.0146 |
|              | 1   | 160               | 33.15             | 12                | 4    | 1              | 187.5             | 0.85333 | 220.65              | 0.050          | 0.0141 |
|              | 1   | 160               | 32.3              | 12                | 4    | 1              | 189.5             | 0.84433 | 221.8               | 0.050          | 0.0137 |
|              | 1   | 160               | 31.45             | 12                | 4    | 1              | 191.5             | 0.83551 | 222.95              | 0.050          | 0.0132 |
|              | 1   | 160               | 30.6              | 12                | 4    | 1              | 193.5             | 0.82687 | 224.1               | 0.050          | 0.0128 |
|              | 1   | 160               | 29.75             | 12                | 4    | 1              | 195.5             | 0.81841 | 225.25              | 0.050          | 0.0123 |
| 1            | 160 | 28.9              | 12                | 4                 | 1    | 197.5          | 0.81013           | 226.4   | 0.050               | 0.0119         |        |
| Σ Settlement |     |                   |                   |                   |      |                |                   |         |                     |                | 1.4628 |

Waktu yang diperlukan dimana konsolidasi dengan PVD terjadi dibutuhkan parameter  $C_h$  yang biasanya rasio  $C_h / C_v$  terletak antara 1 dan 2. Parameter  $C_h$  didapat dari persamaan Barron (1948) sebagai berikut.

$$n = \frac{1,365}{0,052} = 26,25$$

$$s = \frac{0,22}{0,052} = 4,202$$

$$u = \frac{26,25^2}{26,25^2 - 4,202^2} \ln\left(\frac{26,25}{4,202}\right) - \frac{3}{4} + \frac{4,202^2}{4 \times 26,25^2} + \frac{0,00000864}{0,00000432} \times \frac{26,25^2 - 4,202^2}{26,25^2} \ln(4,202)$$

$$= 3,93424$$

$$T_h = \frac{C_h \cdot 120}{1,365^2}$$

$$U_h = 1 - e^{\left(\frac{-8T_h}{3,93424}\right)} \approx C_h = 0,0176 \text{ m}^2/\text{day} \approx 2,037 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$t_{90} = \frac{T_v \times H^2}{C_v} = \frac{0,848 \times 0,65^2}{(2,037 \times 10^{-7})/2} = 3517722,14 \text{ detik} \approx 40,714 \approx 41 \text{ hari}$$

#### 4. KESIMPULAN

Dari perbandingan antara kondisi lapangan dengan beberapa metode analisis dan pemodelan, bahwa terdapat perbedaan hasil antara penurunan kondisi lapangan dengan Terzaghi sebesar 2,5%, penurunan kondisi lapangan dengan PLAXIS 2D 0,27%. Kemudian perbedaan waktu konsolidasi kondisi lapangan dengan Terzaghi sebesar 34,2% dan waktu konsolidasi kondisi lapangan dengan PLAXIS 2D sebesar 8,3%. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pemodelan PLAXIS dengan PVD yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M, *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Terjemahan oleh Noor Endah & Indra Surya Mochtar. Jilid I, Jakarta : Erlangga 1995.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles J. E., 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Terzaghi, Peck. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*.