

# **Analisis Penurunan Tanah Kondisi Eksisting pada Ruas Jalan Tol Cibitung – Cilincing Menggunakan *Hardening Soil Model* dengan Pendekatan Numerik 2D *Axisymmetry*.**

**AGRIPINA NABILA APSARI<sup>1</sup>, INDRA NOER HAMDHAN<sup>2</sup>**

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
  2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Email: [agripinanabila@gmail.com](mailto:agripinanabila@gmail.com)<sup>1</sup>, [indranh@itenas.ac.id](mailto:indranh@itenas.ac.id)<sup>2</sup>

## **ABSTRAK**

*Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam menghubungkan satu tempat ke tempat lainnya, karena jalan merupakan hal yang sangat penting dalam sistem transportasi maka perlu adanya perencanaan jalan yang sangat baik. Perencanaan jalan tidak terlepas dari aspek geoteknik, dalam melaksanakan perencanaan jalan perlu diperhatikan kemampuan daya dukungnya, karena pada saat jalan mulai digunakan maka akan menerima beban yang menyebabkan penurunan cukup besar. Jalan Tol Cibitung – Cilincing dibangun diatas tanah lunak, maka diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui besaran penurunan dan lama waktu konsolidasi yang terjadi. Penelitian ini diawali dengan memodelkan geometri tanah sebesar 2 m dengan tinggi timbunan diatas tanah dasar sebesar 2 m serta struktur yang bekerja pada timbunan hanya berupa beban merata sebesar 15 kPa. Analisis menggunakan Hardening Soil Model dengan pendekatan numerik 2D Axisymmetry. Berdasarkan hasil analisis FEM menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi sebesar -0,871 m dengan waktu konsolidasi selama 1.846 hari atau sekitar 5 tahun.*

**Kata kunci:** Tanah Lempung Lunak, Penurunan Tanah, Hardening Soil, Finite Element Method (FEM)

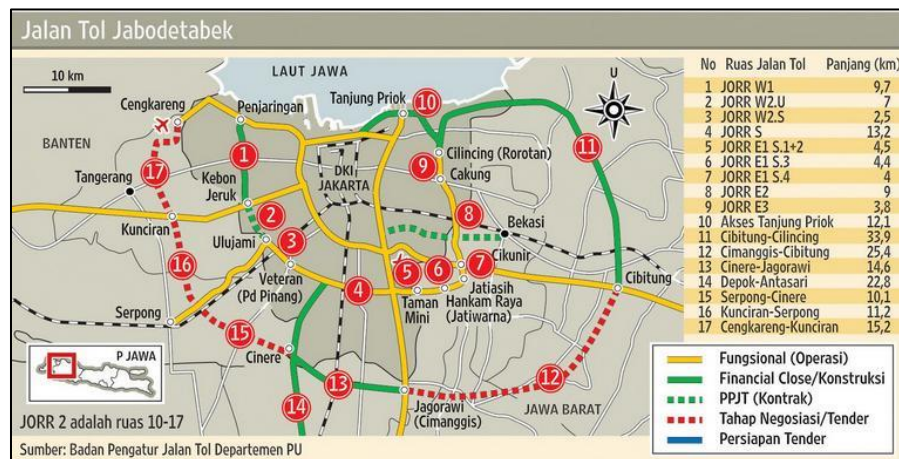
## **ABSTRACT**

*Roads are infrastructure that is needed in connecting one place to another, because roads are very important in the transportation system, it is necessary to have a very good road planning. Road planning is inseparable from geotechnical aspects, in carrying out road planning it is necessary to pay attention to its carrying capacity, because when the road is used it will receive a load that causes a large enough decline. The Cibitung - Cilincing Toll Road is built on soft soil, so further analysis is needed to determine the amount of settlement and the length of consolidation time that occurs. This research begins by modeling a soil geometry of 2 m with an embankment height above the subgrade of 2 m and the structure acting on the embankment is only a uniform load of 15 kPa. The analysis used Hardening Soil Model with 2D Axisymmetry numerical approach. Based on the results of the FEM analysis, it shows that the settlement that occurred was -0.871 m with a consolidation time of 1,846 days or about 5 years.*

**Keywords:** Soft Soil, Settlement, Hardening Soil, Finite Element Method (FEM)

## 1. PENDAHULUAN

Lokasi penelitian pada Tugas Akhir ini berada pada ruas Jalan Tol Cibitung – Cilincing. Jalan Tol Cibitung – Cilincing ini merupakan bagian dari Jalan Tol Lingkar Luar ke-2 Jakarta (JORR II) yang menghubungkan Kawasan DKI Jakarta, yaitu dari Cibitung, Kabupaten Bekasi dengan Cilincing, Jakarta Utara, dapat dilihat pada **Gambar 1.** yaitu pada no. 11. Jalan tol tersebut dibangun diatas tanah lunak dengan ketebalan 16 m yang didominasi oleh tanah lanau, sehingga tanah tersebut mempunyai keterbatasan dalam hal menahan tinggi timbunan diatasnya. Disamping itu, penurunan karena pemampatan tanah dasar akan cukup besar dan dapat mengakibatkan ambblasnya badan jalan atau dapat terjadi kelongsoran. sehubungan dengan hal tersebut perlu dilakukannya analisis penurunan tanah pada kondisi eksisting terlebih dahulu dengan tujuan untuk mengetahui berapa nilai penurunan dan waktu konsolidasi yang terjadi.



**Gambar 1. Peta Lokasi Jalan Tol Jabodetabek (Sumber: Badan Pengatur Jalan Tol Departemen PU, 2013)**

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Lanau (*silt*)

Tanah lanau atau *silt* merupakan tanah peralihan antara lempung dan pasir halus, dengan partikel berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm (No. 200) yang menjadikan sifat tanah ini kurang plastis dan lebih *permeable* disbanding lempung. Selain itu juga lanau memperlihatkan sifat dilatansi yaitu adanya perubahan isi apabila lanau dirubah bentuknya (Bowles, 1997).

### 2.2 Tanah Lempung Lunak (*Soft Soil*)

Tanah lempung lunak atau *soft soil* yaitu tanah yang umumnya terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butiran – butiran yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat lapisan tanah lunak adalah kekuatan gesernya kecil, kemampatan yang besar dan koefisien permeabilitas yang kecil. Dalam mengidentifikasi suatu lapisan tanah apakah lapisan tanah tersebut termasuk atau mengandung tanah lunak atau tidak, dapat diketahui dengan melakukan Uji Penetrasi Standar (SPT). Tanah lunak memiliki nilai SPT yang rendah yaitu antara N-SPT 0 – 5 (Hardiyatmo, 2002).

### 2.3 Penurunan Tanah (*Settlement*)

Daya dukung tanah dalam menahan beban tergantung dari jenis tanah yang ada. Semua jenis tanah jika dibebani maka tanah akan mengalami penurunan (*settlement*). Penurunan yang terjadi dalam tanah disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari penurunan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi (Das, 1995).

### 2.4 *Hardening Soil Model*

Pemodelan *Hardening Soil* adalah model hiperbolik yang bersifat elastoplastis. Model dengan kondisi kegagalan *mohr coulomb* disempurnakan oleh model *Hardening Soil* dimana tekanan prakonsolidasi saat tanah memikul beban tambahan selain dari beban tanah itu sendiri diperhitungkan dengan grafik yang menjelaskan hubungan antara tegangan dan regangan pada *primary loading*. *Hardening Soil* merupakan model canggih yang dapat mensimulasikan perilaku pada tanah yang berbeda jenis, baik tanah lunak maupun tanah kaku (Schanz et al, 1998).

### 2.5 *Finite Element Method (FEM)*

*Finite Element Method* (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA) adalah prosedur perhitungan yang dapat dipakai untuk mendapatkan pendekatan dari permasalahan rekayasa (*engineering*). Metode ini dikenal sebagai metode elemen hingga, karena kita membagi permasalahan menjadi sejumlah elemen dengan jumlah hingga (*finite*) untuk mewakili permasalahan yang sebenarnya jumlah elemennya adalah tidak berhingga (kontinum).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berupa tahapan – tahapan pelaksanaan penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir yang meliputi tahap pertama yaitu merumuskan masalah, tahap kedua yaitu melakukan studi pustaka untuk mengumpulkan informasi yang berhubungan dengan permasalahan atau topik yang dibahas dalam penelitian berupa beberapa referensi, buku rujukan, jurnal – jurnal terkait dan penelitian – penelitian terdahulu, tahap ketiga yaitu pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data yang sudah ada dan didapatkan dari kajian – kajian literatur terkait, tahap keempat melakukan analisis pemodelan penurunan tanah pada kondisi eksisting dengan bantuan pemodelan numerik 2D menggunakan *software* berbasis *Finite Element Method* (FEM).

## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Parameter Tanah

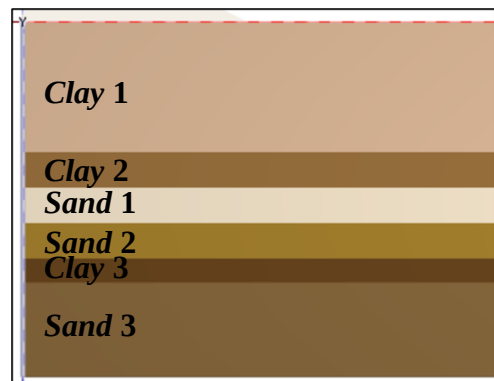
Data parameter tanah ini diperoleh dari hasil korelasi berdasarkan nilai N-SPT, berikut merupakan data tanah parameter tanah yang dimodelkan pada Tugas Akhir ini, dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Data Parameter Tanah**

| Parameter Tanah   | Clay 1                | Clay 2                | Sand 1                | Sand 2                | Clay 3                | Sand 3                | Timbunan                | Unit              |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
|                   | <i>Hardening Soil</i> | <i>Hardening Soil</i> | <i>Hardening Soil</i> | <i>Hardening Soil</i> | <i>Hardening Soil</i> | <i>Hardening Soil</i> | <i>Mohr-Coulomb</i>     | -                 |
| Kedalaman         | 0 - 11                | 11 - 14               | 14 - 17               | 17 - 20               | 20 - 22               | 22 - 30               | -                       | -                 |
| Klasifikasi Tanah | <i>Very Soft</i>      | <i>Stiff</i>          | <i>Loose</i>          | <i>Very Dense</i>     | <i>Hard</i>           | <i>Very Dense</i>     | <i>Sand Well Graded</i> | -                 |
| Type              | <i>Undrained A</i>    | <i>Undrained A</i>    | <i>Drained</i>        | <i>Drained</i>        | <i>Undrained A</i>    | <i>Drained</i>        | <i>Drained</i>          | -                 |
| N-SPT             | 1                     | 11                    | 8                     | 54                    | 60                    | 62                    | -                       | -                 |
| $\gamma_{unsat}$  | 14.53                 | 12.5                  | 18.5                  | 20.1                  | 16.3                  | 20.1                  | 15                      | kN/m <sup>3</sup> |
| $\gamma_{sat}$    | 16.55                 | 14.5                  | 19.34                 | 21.25                 | 19.65                 | 21.25                 | 17                      | kN/m <sup>3</sup> |
| $E'$              | 1600                  | 17600                 | 4902                  | 33091                 | 96000                 | 37990                 | 40000                   | kN/m <sup>2</sup> |
| $E_{50\ ref}$     | 1600                  | 17600                 | 4902                  | 33091                 | 96000                 | 37990                 | 40000                   | kN/m <sup>2</sup> |
| $E_{oed\ ref}$    | 1280                  | 14080                 | 3922                  | 26473                 | 76800                 | 27000                 | 44400                   | kN/m <sup>2</sup> |
| $E_{ur\ ref}$     | 4800                  | 52800                 | 14707                 | 99274                 | 288000                | 114000                | 120000                  | kN/m <sup>2</sup> |
| Power             | 1                     | 1                     | 0.5                   | 0.5                   | 1                     | 0.5                   | 0.5                     | m                 |
| e                 | 1.4                   | 0.6                   | 0.65                  | 0.45                  | 0.45                  | 0.9                   | 0.5                     | -                 |
| K <sub>x</sub>    | 0.000864              | 0.000864              | 0.00864               | 0.864                 | 0.000864              | 0.864                 | 8.64                    | m/day             |
| K <sub>y</sub>    | 0.000864              | 0.000864              | 0.00864               | 0.864                 | 0.000864              | 0.864                 | 8.64                    | m/day             |
| K <sub>z</sub>    | 0.000864              | 0.000864              | 0.00864               | 0.864                 | 0.000864              | 0.864                 | 8.64                    | m/day             |
| c'                | 0.40                  | 4.40                  | 3.20                  | 21.60                 | 24                    | 24.80                 | 5                       | kN/m <sup>2</sup> |
| v                 | 0.3                   | 0.3                   | 0.3                   | 0.3                   | 0.3                   | 0.3                   | 0.3                     | -                 |
| $\phi$            | 24                    | 33                    | 31                    | 49                    | 50                    | 51                    | 45                      | -                 |
| $\psi$            | 0                     | 3                     | 1                     | 19                    | 20                    | 21                    | 15                      | -                 |

#### 4.2 Pemodelan Stratigrafi Tanah

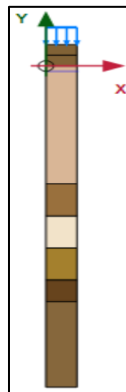
Stratigrafi lapisan tanah dapat dimodelkan dengan mengaplikasikan *borehole* pada titik yang diinginkan. Pada pemodelan ini tanah yang dimodelkan setebal 30 m dengan tipe *Hardening Soil Model*, dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Pemodelan Stratigrafi Tanah**

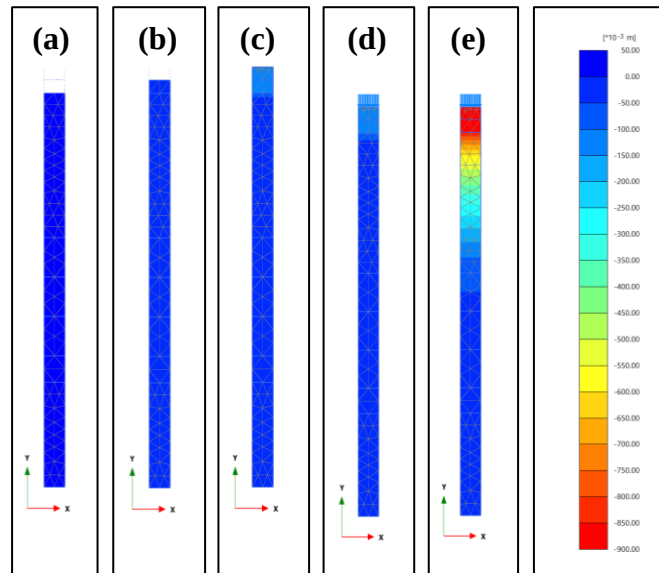
#### 4.3 Hasil dan Analisis Pemodelan

Pada pemodelan dengan geometri 2 m, tinggi timbunan diatas tanah dasar sebesar 2 m dan struktur yang bekerja pada timbunan hanya berupa beban merata sebesar 15 kPa, dapat dilihat pada **Gambar 3**.



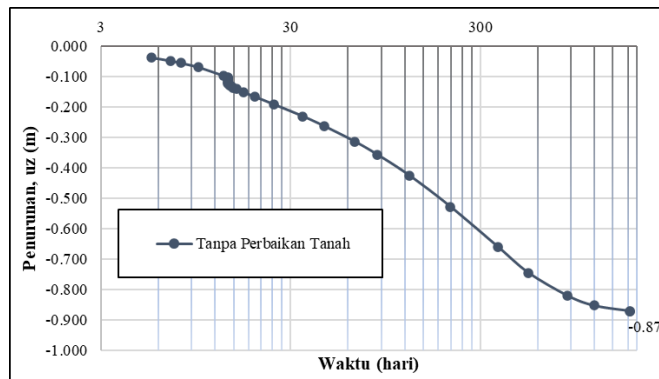
**Gambar 3. Pemodelan Geometri (*Axisymmetry*)**

Dengan *output* pemodelan sebagai berikut:



**Gambar 4. Eksisting Jalan, Kondisi (a) *Initial Phase*, (b) Timbunan 1, (c) Timbunan 2, (d) Beban 15 kPa, (e) Konsolidasi MEP**

Dengan hasil *output* penurunan dan waktu sebagai berikut:



**Gambar 5. Grafik Penurunan terhadap Waktu Konsolidasi**

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah menganalisis dan mengetahui perbandingan waktu dan besaran penurunan yang terjadi apabila tidak dilakukan perbaikan tanah didapatkan hasil penurunan yaitu sebesar -0.871 m selama 1.846 hari atau sekitar 5 tahun.

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, maka terdapat saran untuk melakukan analisis ini lebih lanjut yaitu dengan melakukan pemodelan perbaikan tanah agar mendapatkan hasil nilai penurunan dan waktu yang lebih singkat dan efisien.

### DAFTAR RUJUKAN

- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I Edisi 3*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah II Edisi 3*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Schanz, T., Vermeer P.A. & Bonnier P.G. 1998. *The hardening soil model: formulation and verification*, in R. B. J. Brinkgreve (ed.) *Beyond 2000 in Computational Mechanics*: 281-296. Rotterdam: Balkema.