

## PREDIKSI PENURUNAN TANAH TIMBUNAN STUDI KASUS PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN SEWA INTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

Dyah Wahyu Apriani<sup>1\*</sup>, Arum Dwicahyani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan, Kampus Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur

<sup>2</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Surakarta, Solo, Jawa Tengah

\*Email: dyahwahyuap@itk.ac.id

### Abstrak

Penurunan terjadi akibat beban yang bekerja pada tanah. Penurunan ini muncul akibat berkurangnya rongga pori dalam tanah dan berubahnya susunan tanah. Penurunan tanah yang terjadi secara seragam dan tidak berlebihan tidak menyebabkan kerusakan bangunan, namun apabila penurunan yang terjadi tidak seragam dan berlebihan maka akan menyebabkan kerusakan bangunan, mengganggu kestabilan bangunan serta merusak estetika dan kenyamanan pengguna bangunan. penurunan ini sulit diprediksi karena kondisi tanah tidak homogen, anisotropis serta sulitnya mengevaluasi kondisi regangan-tegangan dalam tanah. Salah satu metode untuk memprediksi penurunan yang terjadi adalah dengan elemen hingga menggunakan program bantu plaxis. Software ini disusun berdasarkan metode elemen hingga untuk menganalisis deformasi dan stabilitas tanah. Prosedur pembuatan model secara grafis mudah dan cepat serta menampilkan hasil komputasi secara mendetail. Akurasi hasil dari pemodelan dengan program Plaxis bergantung pada asumsi pemodelan dari kasus yang ada. Rusunawa ITK direncanakan berdiri di atas tanah timbunan setinggi 3 meter dengan material timbunan dan tanah dasar timbunan berupa Lempung Plastistas Rendah. Pemodelan penurunan dengan elemen hingga menunjukkan besar penurunan yang terjadi akibat bekerjanya beban struktur adalah sebesar 31 mm, lebih kecil dari batas penurunan ijin struktur pada tanah lempung yakni sebesar 65 mm dan penurunan tak seragam sebesar 48,75 mm.

**Kata kunci:** penurunan, penurunan ijin, penurunan tak seragam, timbunan

*The settlement occurs due to loading on the ground. It makes the pore cavity decreases and changes soil composition. The settlement that uniformly and not excessively have no damage to buildings. Nevertheless, it will cause damage to the building, disrupt the stability, aesthetics and comfortable of the building if it is not uniform and excessive. The settlement is difficult to predict because the soil conditions are not homogeneous, an isotropic, and it is difficult to evaluate strain stress conditions in the soil. This study determines the settlement due to structural loads on the ITK Rusunawa embankment project using Plaxis program. The building model was standing on the embankment. The high of the embankment is 3 meters. The embankment and base soils are clay soil which have low plasticity. The result of the settlement due to structural loads is 31 mm, smaller than the allowable settlement of the permit structure that is 65 mm in clay soil and for a non-uniform reduction is 48.75 mm.*

**Keywords:** settlement, allowable settlement, not uniform settlement, embankment

### 1. PENDAHULUAN

Penurunan terjadi akibat beban yang bekerja pada tanah, beban tersebut dapat berupa bangunan gedung, jembatan, jalan raya maupun struktur lain. Penurunan ini muncul akibat berkurangnya rongga pori dalam tanah dan berubahnya susunan tanah. Penurunan tanah yang terjadi secara seragam dan tidak berlebihan tidak menyebabkan kerusakan bangun, namun apabila penurunan yang terjadi tidak seragam dan berlebihan maka akan menyebabkan kerusakan bangunan, mengganggu kestabilan bangunan serta merusak estetika dan kenyamanan pengguna bangunan. Tanah yang digunakan sebagai dasar bangunan harus mampu mendukung beban struktur di atasnya tanpa mengalami keruntuhan geser serta penurunan terjadi dalam batas toleransi yang aman.

Penurunan didefinisikan sebagai penjumlahan dari penurunan segera (*immediate settlement*) dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), penurunan segera terjadi setelah beban

bekerja, penurunan ini sulit diprediksi karena kondisi tanah tidak homogen, anisotropis serta sulitnya mengevaluasi kondisi regangan-tegangan dalam tanah. Penurunan konsolidasi terjadi pada tanah lunak jenuh air, penurunan ini memerlukan waktu yang cukup lama bergantung pada kondisi lapisan tanah.

Penurunan dapat dianalisis dengan bantuan program Plaxis, *software* ini disusun berdasarkan metode elemen hingga untuk menganalisis deformasi dan stabilitas tanah. Prosedur pembuatan model secara grafis mudah dan cepat serta menampilkan hasil komputasi secara mendetail. Akurasi hasil dari pemodelan dengan program Plaxis bergantung pada asumsi pemodelan dari kasus yang ada, pemahaman dari model tanah dan keterbatasannya, pemilihan model parameter, serta kemampuan interpretasi dan evaluasi dari hasil komputasi.

Pada studi ini, besarnya prediksi penurunan tanah dianalisis dengan menggunakan program Plaxis. Parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis diperoleh dari pengujian sampel yang diambil di lokasi studi. Analisis akan menghasilkan besar penurunan yang terjadi pada tanah timbunan serta besarnya angka keamanan akibat beban yang bekerja, dari hasil analisis ini dapat dilihat apakah timbunan aman akibat beban struktur yang akan dibangun atau perlu upaya perbaikan tanah agar penurunan tidak melebihi batas ijin.

## 2. METODE PENELITIAN

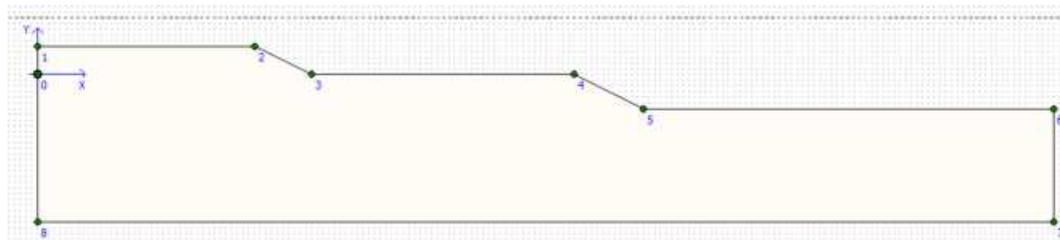
Analisis penurunan tanah dilakukan dengan bantuan *software* Plaxis, analisis dilakukan dengan beberapa kondisi untuk mengetahui besar penurunan dan angka aman timbunan. Kondisi yang diperhitungkan :

- a. Beban timbunan yang bekerja
- b. Beban timbunan dan struktur yang bekerja

Data yang perlu diinput dalam plaxis adalah parameter tanah berupa berat volume, kohesi, sudut geser tanah, kedalaman muka air tanah, geometri daerah dll.

### 2.1 Geometri Lereng

Geometri lereng pada lokasi pembangunan Rusunawa ITK dapat dilihat pada Gambar 1.

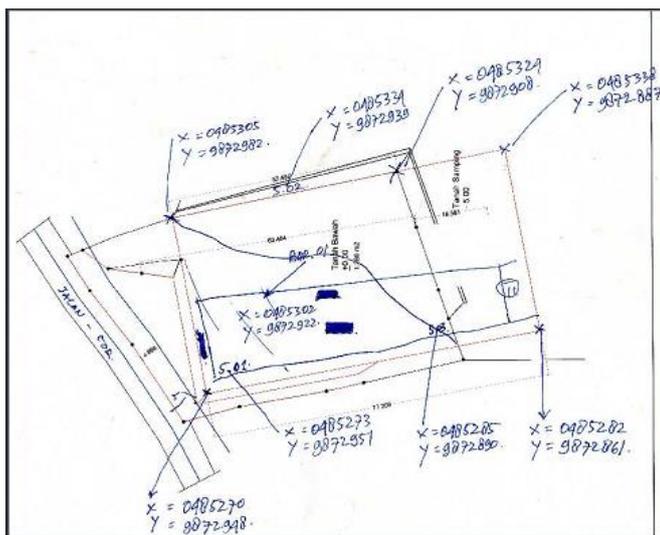


Gambar 1. Geometri daerah penelitian

Elevasi timbunan setinggi 3 m dengan tanah keras berada pada kedalaman lebih dari 10 m. kemiringan timbunan adalah 2 : 1. Pondasi dipancang sampai kedalaman 10 meter.

### 2.2 Parameter Tanah

Parameter tanah diperoleh dari hasil penelitian berupa boring, SPT dan sondir di lapangan. Titik-titik dan jenis pengujian lapangan yang dilakukan diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Lokasi titik pengujian lapangan**

Parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan diambil berdasarkan data pengeboran yang dilakukan pada tanah asli, sehingga properties tanah timbunan tidak dapat diperoleh secara pasti, sehingga dalam pemodelan, properties tanah timbunan diambil sama dengan tanah pada kedalaman kurang dari 3 meter hasil pengeboran. Pada pemodelan plaxis dibutuhkan data parameter berupa modulus elastisitas tanah dan poisson ratios. Nilai modulus elastisitas dan poisson ratio diperoleh melalui pendekatan yang diberikan oleh Bowles, 1977 sesuai Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

**Tabel 1. Perkiraan modulus elastis**

Macam Tanah	E (kN/m <sup>2</sup> )
Lempung	
Sangat lunak	300-3000
Lunak	2000-4000
Sedang	4500-9000
Keras	7000-20000
Berpasir	30000-42500
Lanau	2000-20000

Sumber: Bowles, 1977

**Tabel 2. Perkiraan rasio poisson**

Macam Tanah	$\mu$
Lempung jenuh	0,4-0,5
Lempung tak jenuh	0,1-0,3
Lempung berpasir	0,2-0,3

Sumber: Bowles, 1977

Hasil penyelidikan menunjukkan jenis tanah pada lokasi adalah lempung kelanauan dengan plastisitas rendah dengan konsistensi sedang pada kedalaman 5 meter dan lempung keras pada kedalaman 10 meter. Pada tanah timbunan nilai E diambil pendekatan berdasarkan data sondir pada lokasi timbunan.

Bowless (1977), memberikan persamaan yang dihasilkan dari pengumpulan data uji sondir sebagai sebesar  $E = 2 \cdot 8q_c$  untuk lempung. Dalam pemodelan diambil nilai tengah sehingga E diambil  $5q_c$ . dengan nilai  $q_c$  diambil berdasarkan data sondir pada titik S.02 pada kedalaman 3 m sebesar  $31,64 \text{ kg/cm}^2$ . Data masukan pada program plaxis dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Parameter masukan program plaxis**

Nama/ Simbol	Timbunan	Tanah Asli 1	Tanah Asli 2	Satuan
Model	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	-
Material				
Kondisi	Drained	Drained	Drained	-
Material				
$\gamma_{unsat}$	16,67	16,67	17.23	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{sat}$	17,77	17,77	18.12	kN/m <sup>3</sup>
E	7604	9.000	20.000	kN/m <sup>2</sup>
$\mu$	0,3	0,3	0,3	-
c	0,89	0,89	1,42	kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	18,72	18,2	20,97	°

### 2.3 Beban

Beban yang diberikan pada analisis berupa beban merata dengan asumsi :

Beban Mati: 450 kg/m<sup>2</sup>

Beban Hidup: 250 kg/m<sup>2</sup>

Beban total = (1,2 × 450) + (1,6 × 250) = 940 kg/m<sup>2</sup> = 9,4 kN/m<sup>2</sup>

Pondasi tiang pancang sedalam 10 m direncanakan untuk menyalurkan beban struktur ke tanah dasar. Elemen geometri tiang pancang pada program plaxis dimodelkan sebagai plate sehingga diperlukan konversi pondasi tiang pancang kedalam bentuk *sheetpile*. Mutu beton untuk pondasi adalah 41,5 Mpa sehingga nilai modulus elastisitas (E) yang dipakai sesuai Persamaan 1.

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c} \tag{1}$$

$$E = 4700 \times \sqrt{41,5} = 30277,63 \text{ Mpa}$$

$$= 3087 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 = 3087 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$$

dengan nilai diameter pondasi adalah 0,25 m. Inersia pondasi berbentuk lingkaran sesuai Persamaan 2 :

$$I = \frac{1}{4} \pi R^4 \tag{2}$$

$$I = \frac{1}{4} \pi \left(\frac{0,25}{2}\right)^4 = 1,92 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Nilai EA yang diinput pada plaxis adalah sebesar 1,5×10<sup>6</sup> kN dan EI = 5927,04 kNm<sup>2</sup>. Pile cap untuk pondasi memiliki tebal d = 0,6 meter, dengan mutu beton 25 Mpa sehingga menurut Persamaan 1 diperoleh nilai modulus elastisitas *pile cap* sebesar 2,39 × 10<sup>7</sup> kN/m<sup>2</sup>. Nilai EA yang diinput pada plaxis adalah sebesar 8,6×10<sup>6</sup> kN dan EI = 2,58 × 10<sup>5</sup> kNm<sup>2</sup>

### 3. HASIL PENELITIAN

Pemodelan dilakukan terhadap beberapa kondisi sesuai dengan bekerjanya beban dilapangan. Besar penurunan total maksimum pada tiap pembebanan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Penurunan total maksimum**

Beban yang bekerja	Besar penurunan (m)
Timbunan	30,61×10 <sup>-3</sup>
Timbunan +Pilecap + Pondasi	30,91 ×10 <sup>-3</sup>
Timbunan+Pilecap+Pondasi+Struktur	31.23 ×10 <sup>-3</sup>

Penurunan maksimum terjadi saat seluruh beban struktur bekerja yaitu sebesar 31,23 mm. Pada struktur, penurunan yang tidak seragam perlu diperhitungkan karena dapat merusak struktur dan aspek estetika, namun penurunan tidak seragam ini sulit diprediksi dengan ketepatan yang memadai. Hanya penurunan maksimum yang dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai, untuk itulah Skempton dan MacDonald (1955) menyarankan batas-batas penurunan maksimum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Batas penurunan maksimum**

Jenis Pondasi	Batas penurunan maksimal (mm)
Fondasi terpisah pada lempung	65
Fondasi terpisah pada pasir	40
Fondasi rakit pada lempung	65-100
Fondasi rakit pada pasir	40-65

Sumber: Skempton dan MacDonal, 1955

Syarat-syarat penurunan umumnya didasarkan pada logika sederhana bahwa jika penurunan total maksimum masih dalam batas-batas toleransi maka penurunan tak seragam diharapkan hanya sebagai suatu fraksi yang bergantung tipe struktur dan pola pembebanan yang umunya  $\frac{3}{4}$  dari batas toleransi tersebut.

Pondasi terpisah pada tanah lempung memiliki penurunan ijin sebesar 65 mm, jika penurunan tidak seragam diasumsikan terjadi sebesar  $\frac{3}{4}$  dari batas toleransi penurunan maksimal pondasi terpisah pada tanah lempung, maka besarnya penurunan tak seragam diprediksi sebesar 48,75 mm, sementara berdasarkan hasil pemodelan penurunan yang terjadi sebesar 31 mm. sehingga masih dalam batas aman dari penurunan maksimum maupun penurunan seragam.

#### 4. KESIMPULAN

Penurunan yang terjadi akibat beban struktur yang bekerja pada tanah timbunan proyek Rusunawa ITK adalah sebesar 31 mm sementara penurunan ijin untuk pondasi pada tanah lempung adalah sebesar 65 mm (Skempton dan MacDonal, 1955) dan penurunan tak seragam sebesar 48,75 mm sehingga penurunan yang terjadi masih dalam batas aman dan tidak diperlu perbaikan tanah untuk mengatasi penurunan yang akan terjadi sebagai akibat dari beban struktur yang bekerja.

#### 5. SARAN

Diperlukan analisis terkait kesetabilan lereng timbunan, karena penurunan dapat terjadi apabila lereng timbunan longsor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1977, *Foundation Analysis and design*, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.,Tokyo, Japan.
- Hardiyatmo, H. C., 2011, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Manual Plaxis Bahasa Indonesia, 2007
- Skempton, A.W dan MacDonal, D.H. (1955), *A survey of Comparisons between Calculated and Observed Settlement of Structures on Clay*, Conf. on Correlation of Calculated and Observed tresses and Displacement, ICE, London, pp.318-337