

Analisis Penurunan Konsolidasi Tanah Eksisting pada Tangki Minyak akibat *Hydrotest* dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga

MUHAMMAD NUR FAUZAN¹, INDRA NOER HAMDHAN²,
VIQRI FAHMI TRETYAWAN³

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional
3. Praktisi, Perusahaan Spesialis Perbaikan Tanah

Email: munufauzan@gmail.com

ABSTRAK

Sebuah tangki penyimpanan minyak dibangun di atas tanah lempung lunak yang memiliki kuat geser kecil serta kompresibilitas tinggi. Tangki dengan diameter 64 m dan tinggi 21 m akan diberi *preloading* berupa *hydrotest*. *Hydrotest* merupakan metode pembebanan menggunakan air pada tangki agar penurunan konsolidasi sebagian besar sudah terjadi sebelum masa operasional dimulai. Pada penelitian ini pemodelan dilakukan dengan pendekatan metode elemen hingga. Kriteria desain saat dilakukan *hydrotest* pada tangki ini yaitu penurunan tidak melebihi 300 mm. Setelah dilakukan pemodelan menggunakan Plaxis 2D, penurunan maksimum pada ujung kiri tangki sebesar 312 mm sedangkan pada ujung kanan tangki sebesar 373 mm. Dari hasil pemodelan tersebut menunjukkan bahwa kondisi eksisting tanah dibawah tangki memiliki penurunan yang melebihi kriteria desain sehingga tanah eksisting perlu diperbaiki.

Kata kunci: Tangki, *Hydrotest*, Konsolidasi, Tanah Lunak, Plaxis 2D.

ABSTRACT

Oil storage tank is constructed above soft clay soil with low shear strength and high compressibility. The tank, with a diameter of 64 meters and a height of 21 meters, will undergo preloading in the form of a hydrotest. The hydrotest is a loading method using water on the tank to induce consolidation settlement, most of which occurs before the operational phase begins. In this study, modeling is carried out using the finite element method approach. The design criterion during the hydrotest on this tank is that the settlement does not exceed 300 mm. After performing the modeling using Plaxis 2D, the maximum settlement at the left end of the tank is 312 mm, while at the right end of the tank it is 373 mm. From the results of the modeling, it is evident that the existing soil conditions beneath the tank experience settlement that exceeds the design criterion, thus requiring remediation of the existing soil.

Keyword: Tank, *Hydrotest*, Consolidation, Soft Soil, Plaxis 2D.

1. PENDAHULUAN

Sebuah tangki penyimpanan dengan diameter 64 m dan tinggi 21 m akan dibangun di atas tanah eksisting pada suatu kawasan di Provinsi Kalimantan Timur. Pada penelitian ini akan menganalisis penurunan konsolidasi yang terjadi pada tanah eksisting dengan pemodelan menggunakan bantuan program Plaxis 2D.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak merupakan salah satu tanah bermasalah. Tanah lempung lunak merupakan tanah kohesif berbutis halus yang berukuran sangat kecil. Menurut Terzaghi (1987), tanah lempung berasal dari pembusukan kimiawi yang merupakan unsur-unsur penyusun batuan. Tanah lempung lunak bersifat kuat geser yang rendah, kompresibilitas tinggi, dan koefisien permeabilitas rendah. Menurut Mochtar (2006), nilai N-SPT 0 - 2,5 dikategorikan sebagai tanah lempung sangat lunak dan N-SPT 2,5 - 5 dikategorikan sebagai tanah lempung lunak. Sedangkan untuk pengujian sondir nilai qc 0-10 kg/cm² maka dikategorikan tanah sangat lunak sedangkan jika nilai qc antara 10-20 kg/cm² maka dikategorikan tanah lunak.

2.2 Penurunan Tanah

Menurut Hardiyatmo (2002), jika suatu lapisan tanah dibebani maka tanah bisa mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan terjadi pada tanah disebabkan oleh berubahnya susunan partikel maupun oleh pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah. Secara umum, penurunan yang diakibatkan oleh beban dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

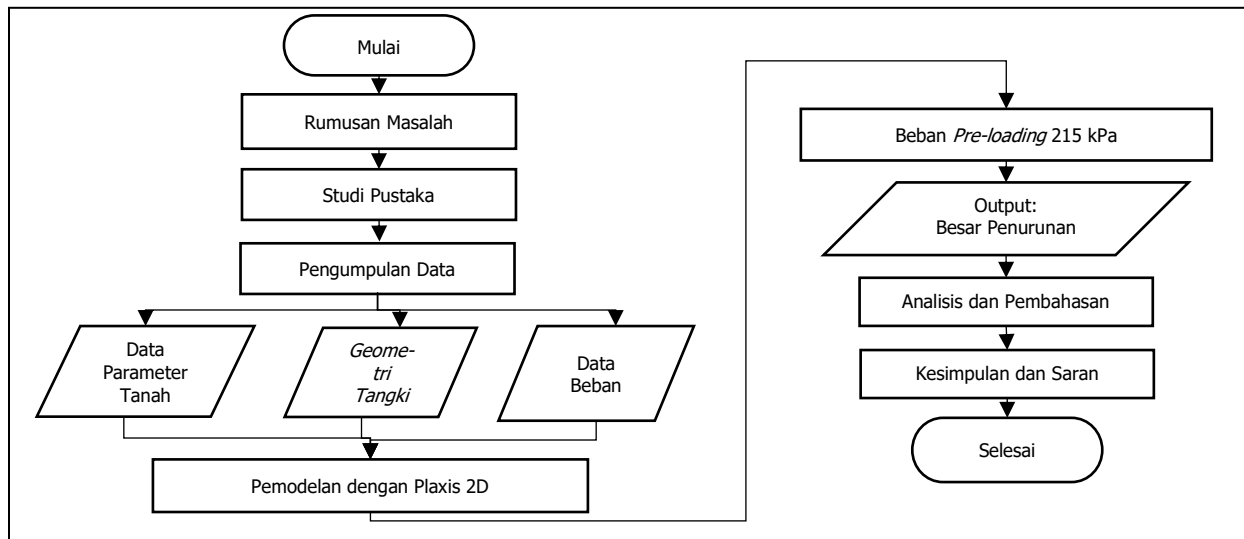
- a. Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)
Penurunan segera yaitu penurunan yang terjadi segera setelah beban bekerja. Pada penurunan segera, partikel yang keluar dari pori yaitu udara.
- b. Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)
Penurunan konsolidasi merupakan peristiwa penurunan tanah akibat terdisipasinya air pori dan menyebabkan berkurangnya volume tanah. Pemberian beban pada tanah akan menyebabkan meningkatnya tegangan yang bekerja. Beban awalnya dipikul oleh air pori sehingga menimbulkan eksesi air pori. Eksesi air pori kemudian perlahan akan terdisipasi dengan mengalirnya air pori tanah melalui pori-pori tanah, sementara tegangan yang awalnya diterima air pori secara berangsur-angsur ditransfer ke partikel tanah.

2.3 Hydrottest

American Petroleum Institute (API) 650 mensyaratkan bahwa setiap tangki penyimpanan terlebih dahulu harus diisi air untuk dilakukan pengujian *hydrottest*. *Hydrottest* merupakan memasukan cairan pada tangki sebelum tangki tersebut beroperasi sekaligus memonitoring penurunan pada tangki. Beberapa tujuan dilakukannya *hydrottest* yaitu sebagai *preloading* sebelum tangki beroperasi, untuk mengecek apakah tangki cukup kuat untuk menahan tekanan cairan yang akan ditampung, memastikan tidak terjadi kebocoran pada tangki, serta membuktikan pondasi yang digunakan mampu menahan beban yang bekerja. Pada penelitian ini beban *preloading* yaitu sebesar 215 kPa.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian pada tugas akhir ini dijabarkan ke dalam bentuk bagan alir seperti pada **Gambar 3.1**.

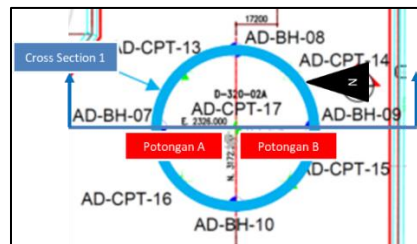


Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Cross Section Pemodelan

Pada penelitian ini tangki yang dirancang memiliki diameter 64 m dan tinggi 21 m. Pemodelan yang ditinjau pada Plaxis 2D yaitu *cross section-1* (BH07-CPT17-BH09) seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Cross Section-1

4.2 Stratigrafi Tanah

Stratigrafi lapisan tanah dibuat gambarkan dengan kedalaman dan jenis tanah berdasarkan hasil penyelidikan boring log SPT serta Sondir. Berikut stratigrafi tanah untuk *cross section-1* dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

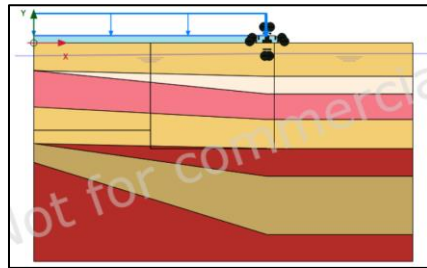
(m)	Potongan A BH07	CPT17	Potongan B BH09	Legenda
1				Clay and Silt Very Soft Clay Soft Clay Medium Clay Stiff Clay Very Stiff Clay Hard Clay
2	Medium Dense Sand 1	Medium Dense Sand 1	Medium Dense Sand 1	
3	Medium Dense Sand 1			
4				
5				
6	Loose Sand		Loose Sand	
7		Soft Clay		
8	Soft Clay		Soft Clay	
9				
10				
11		Medium Dense Sand 2		Sand Very Loose Sand Loose Sand Medium Dense Sand Dense Sand Very Dense Sand
12	Medium Dense Sand 2		Medium Clay	
13				
14				
15	Hard Clay 1	Dense Sand	Dense Sand	
16				
17				
18				
19			Very Stiff Clay	
20				
21				
22	Dense Sand	Hard Clay 2		
23				
24				
25				
26				
27				
28	Hard Clay 2		Hard Clay 2	
29				
30				

Gambar 4. 2 Stratigrafi Lapisan Tanah *Cross Section-1*

Dengan model stratigrafi maka paramater tanah akan dirata-ratakan sesuai dengan jenis tanah yang sama pada setiap titik penyelidikan.

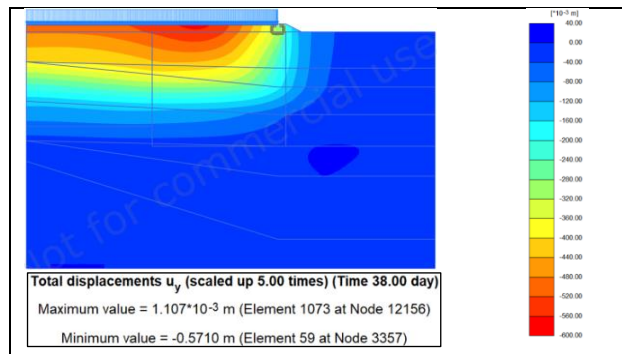
4.3 Model Potongan-A (CPT17-BH07)

Pada program Plaxis lapisan tanah digambarkan dengan stratigrafi menyerupai kondisi eksisting. Tipe dan kedalaman tanah dimodelkan berdasarkan hasil penyelidikan tanah CPT17 dan BH07. Berikut model potongan – A yang mewakili data tanah CPT17 dan BH07 pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Stratigrafi Potongan – A

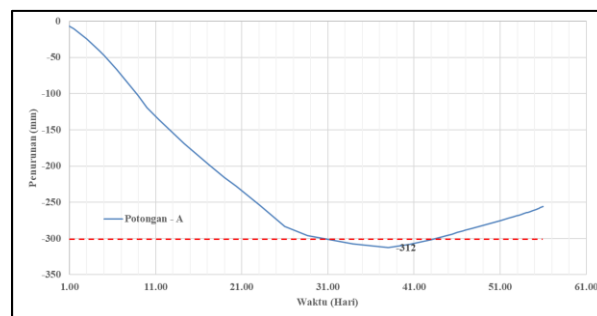
Selanjutnya, model tanah eksisting diberi beban *hydrotest* dengan beban maksimum sebesar 215 kPa. Deformasi penurunan dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4. 4 Penurunan total model Potongan – A

Pada saat tahap *holding* 12 hari yang mana merupakan saat dimana beban *preloading* tertinggi, tanah mengalami penurunan maksimum sebesar 571 mm yang mana melebihi kriteria desain yang disyaratkan yaitu harus < 300 mm.

Kemudian analisis pada bagian tepi tangki yang mana merupakan titik tinjau dilapangan saat *hydrotest*. Berikut kurva penurunan terhadap waktu untuk model Potongan-A pada **Gambar 4.5**.

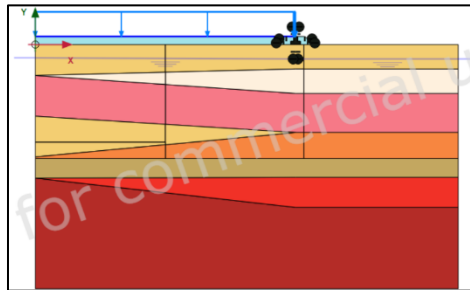


Gambar 4. 5 Kurva model Potongan-A

Penurunan maksimum sebesar 312 mm pada ujung tangki melebihi kriteria desain yang disyaratkan. Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat tanah lempung lunak yang memiliki kompresibilitas tinggi dan kuat geser rendah.

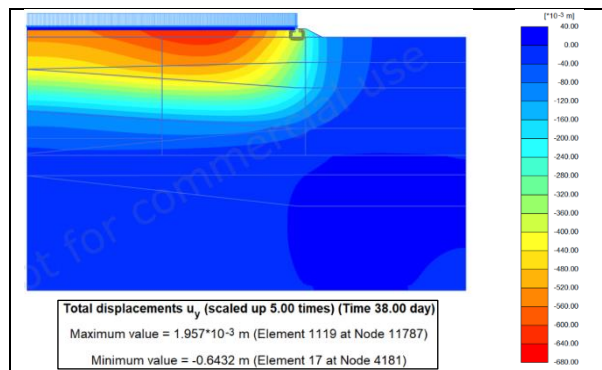
4.4 Model Potongan-B (CPT17-BH09)

Tipe dan kedalaman tanah dimodelkan untuk potongan - B berdasarkan hasil penyelidikan tanah CPT17 dan BH09. Berikut model potongan – B yang mewakili data tanah CPT17 dan BH09 pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4. 6 Stratigrafi Potongan – B

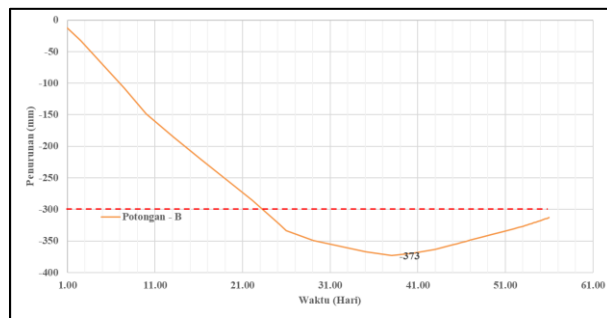
Selanjutnya, model tanah eksisting diberi beban *hydrotest* dengan beban maksimum sebesar 215 kPa. Deformasi penurunan dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 7 Penurunan total model Potongan – B

Pada saat tahap *holding* 12 hari yang mana merupakan saat dimana beban *preloading* tertinggi, penurunan total yang terjadi sebesar 643 mm yang mana melebihi kriteria desain yang disyaratkan yaitu harus < 300 mm.

Kemudian analisis pada bagian tepi tangki yang mana merupakan titik tinjau dilapangan saat *hydrotest*. Berikut kurva penurunan terhadap waktu untuk model Potongan-B pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4. 8 Kurva model Potongan-B

Penurunan maksimum sebesar 373 mm pada ujung tangki melebihi kriteria desain yang disyaratkan. Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat tanah lempung lunak yang memiliki kompresibilitas tinggi dan kuat geser rendah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penurunan konsolidasi tanah eksisting tangki minyak dapat disimpulkan bahwa:

- Saat dilakukan *hydrottest*, model Potongan-A mengalami penurunan maksimum sebesar 571 mm. Sedangkan model Potongan-B mengalami penurunan maksimum sebesar 643 mm.
- Penurunan pada ujung tangki untuk Potongan-A mengalami penurunan sebesar 312 mm dan untuk Potongan-A mengalami penurunan sebesar 312 mm. Kedua model melebihi batas kriteria desain ($<300\text{mm}$).
- Terdapat lapisan tanah lempung lunak yang memiliki sifat kompresibilitas tinggi yang menyebabkan tangki mengalami penurunan. Maka dari itu perlu ada treatment pada tanah eksisting untuk mereduksi penurunan yang terjadi.

DAFTAR RUJUKAN

- American Petroleum Institute. (2016). *API Standard 650: Welded Tanks for Oil Storage*. Washington D. C.: *API Publishing Services*.
- Hardiyatmo, Harry Christady. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: *Gadjah Mada University Press*.
- Mochtar, Indrasurya B. 2006. *Alternatif Perbaikan Tanah untuk Gedung dan Bangunan di atas Tanah Sangat Lunak Tanpa Pondasi Tiang Pancang*. Fakultas Teknik Universitas Panca Bhakti.
- Terzaghi, karl dan Peck, Ralph B. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.