

Analisis Penurunan Tanah Kondisi Eksisting pada Tangki Minyak di Kalimantan Timur Menggunakan Model 2D

D NURUL MAHPUD¹, INDRA NOER HAMDHAN², VIQRI FAHMI TRESTYAWAN³

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Insitut Teknologi Nasional Bandung
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
 3. Praktisi, Perusahaan Spesialis Perbaikan Tanah
- Email : dnurulmahpud99@gmail.com

ABSTRAK

Tangki merupakan salah satu konstruksi yang dapat dibangun di atas tanah. Namun, pembangunan tersebut akan menimbulkan permasalahan apabila tangki tersebut dibangun di atas tanah bermasalah. Salah satunya adalah tanah lempung lunak. Permasalahan yang akan terjadi ketika tangki dibangun di atas tanah lempung lunak adalah dapat mengakibatkan penurunan yang besar pada tangki. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan kondisi tanah eksisting pada tangki dengan menggunakan model PLAXIS 2D. Terdapat tiga titik penyelidikan tanah yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu BH-07, CPT-17, dan BH-09. Pada pemodelan yang dilakukan, tiga titik penyelidikan tanah disederhanakan menjadi dua sisi. Pada sisi kanan diwakili CPT-17 dan BH-09, sedangkan sisi kiri diwakili BH-07 dan CPT-17. Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan, pada sisi kanan (CPT-17 dan BH-09) penurunan terbesar yang terjadi sebesar 555,4 mm. Sedangkan pada sisi kiri (BH-07 dan CPT-17) penurunan terbesar yang terjadi sebesar 491,2 mm.

Kata kunci: Tanah lunak, penurunan, PLAXIS 2D, tangki

ABTRACT

A tank is one of the structures that can be built above the ground. However, the construction will pose problems if the tank is built on problematic soil. One of the issues that can arise when a tank is built on soft clay soil is the potential for significant settlement of the tank. This research aims to determine the magnitude of settlement in the existing soil conditions under the tank using the PLAXIS 2D model. There are three soil investigation points used in this study, namely BH-07, CPT-17, and BH-09. In the modeling conducted, the three soil investigation points are simplified into two sides. The right side is represented by CPT-17 and BH-09, while the left side is represented by BH-07 and CPT-17. Based on the modeling results, on the right side (CPT-17 and BH-09), the largest settlement that occurs is 555.4 mm. Meanwhile, on the left side (BH-07 and CPT-17), the largest settlement that occurs is 491.2 mm.

Keywords: Soft soil, settlement, PLAXIS 2D, tank.

1. PENDAHULUAN

Tangki minyak merupakan salah satu komponen yang penting dalam pembangunan kilang minyak. Pada umumnya tangki dapat digunakan sebagai tempat untuk menyimpan fluida cair. Untuk mendirikan suatu tangki minyak, diperlukan tanah dengan kondisi daya dukung yang baik sebagai dasar tangki minyak dapat berdiri.

Tangki minyak rencananya akan dibangun di atas tanah eksisting pada suatu kawasan di Kalimantan Timur. Akan tetapi, berdasarkan hasil penyelidikan tanah ditemukan tanah bermasalah. Tanah tersebut berupa tanah lempung lunak disekitar area yang akan dibangun tangki minyak di atasnya.

Permasalahan yang akan timbul ketika tangki minyak dibangun di atas tanah lempung lunak adalah dapat mengakibatkan penurunan yang besar pada tanah akibat beban yang bekerja di atasnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi pada tanah kondisi eksisting ketika diberikan beban *preloading*. Pemodelan dilakukan menggunakan PLAXIS 2D untuk melihat besarnya penurunan yang terjadi.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak merupakan tanah yang umum ditemukan dalam dunia konstruksi. Tanah lempung lunak dapat mengakibatkan permasalahan geoteknik karena memiliki kuat geser rendah, kompresibilitas yang tinggi, sifat kembang kusut yang tinggi, dan sebagainya.

Untuk dapat mengetahui suatu tanah termasuk tanah lempung lunak atau tidak, dapat dilakukan pengujian. Pengujian yang dapat dilakukan yaitu *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT). Menurut hasil *Standard Penetration Test* (SPT) tanah lempung lunak memiliki nilai N-SPT yang rendah yaitu Nilai N-SPT 0-5. Nilai 0-2,5 termasuk tanah lempung sangat lunak dan nilai 2,5-5 termasuk tanah lempung lunak. Selain dari hasil *Standard Penetration Test* (SPT), menurut hasil dari *Cone Penetration Test* (CPT) jika hasil qc berada pada nilai $< 5 \text{ kg/cm}^2$ termasuk tanah lempung sangat lunak. Sedangkan jika nilai qc berada pada nilai 5-10 kg/cm^2 termasuk tanah lempung lunak. Tanah lempung lunak juga mempunyai nilai kuat geser terdrainase (cu) sebesar $< 0,25 \text{ kg/cm}^2$. (Mochtar, 2006)

2.2 Penurunan Tanah

Menurut Wesley (2010), Jika suatu tanah dibebani oleh berat suatu bangunan atau konstruksi, maka tanah itu akan mengalami pemampatan dan bangunan di atasnya akan ikut turun. Menurut *American Petroleum Institute* (API 650), sebelum tangki minyak beroperasi perlu dilakukan *hydrotest*. *Hydrotest* merupakan proses memasukan cairan kedalam tangki yang bertujuan sebagai *preloading* untuk mengecek apakah tangki cukup kuat untuk menahan tekanan cairan yang akan ditampung sebelum tangki tersebut beroperasi.

Penurunan pada tanah dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*)

Penurunan seketika merupakan penurunan yang terjadi akibat adanya tambahan tegangan efektif dalam tanah, tetapi air pori didalam tanah belum terdisipasi. Penurunan ini terjadi dalam waktu yang sangat singkat saat dibebani secara cepat.

2. Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)

Penurunan konsolidasi merupakan penurunan yang disebabkan oleh tambahan tegangan efektif pada tanah sehingga air pori didalam tanah terdisipasi dalam jangka waktu yang lama. Penurunan konsolidasi terjadi panah tanah lempung yang kondisinya jenuh.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, dimulai dari perumusan masalah, pengumpulan tinjauan pustaka, pengumpulan dan pengolahan data yang diperlukan, kemudian dilakukan pemodelan kondisi tanah eksisting menggunakan PLAXIS 2D dengan memberikan pembebanan berupa *hydrotest* untuk melihat besarnya penurunan dan waktu penurunan yang terjadi pada tangki. Selain itu, dilihat juga penurunan selama tangki tersebut di operasionalkan. Penurunan yang terjadi tidak boleh melebihi kriteria desain yang dipersyaratkan yaitu ≤ 300 mm saat *hydrotest* dan ≤ 100 mm saat operasional.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Stratifikasi Tanah Tanah

Stratifikasi tanah diperlukan karena pada penelitian ini menggunakan tiga titik penyelidikan tanah yang berbeda yaitu BH-07, CPT-17, dan BH-09. Hasil stratifikasi tanah dapat dilihat pada **Gambar 1**



Gambar 1 Hasil Stratifikasi Tanah

4.2 Data Tanah

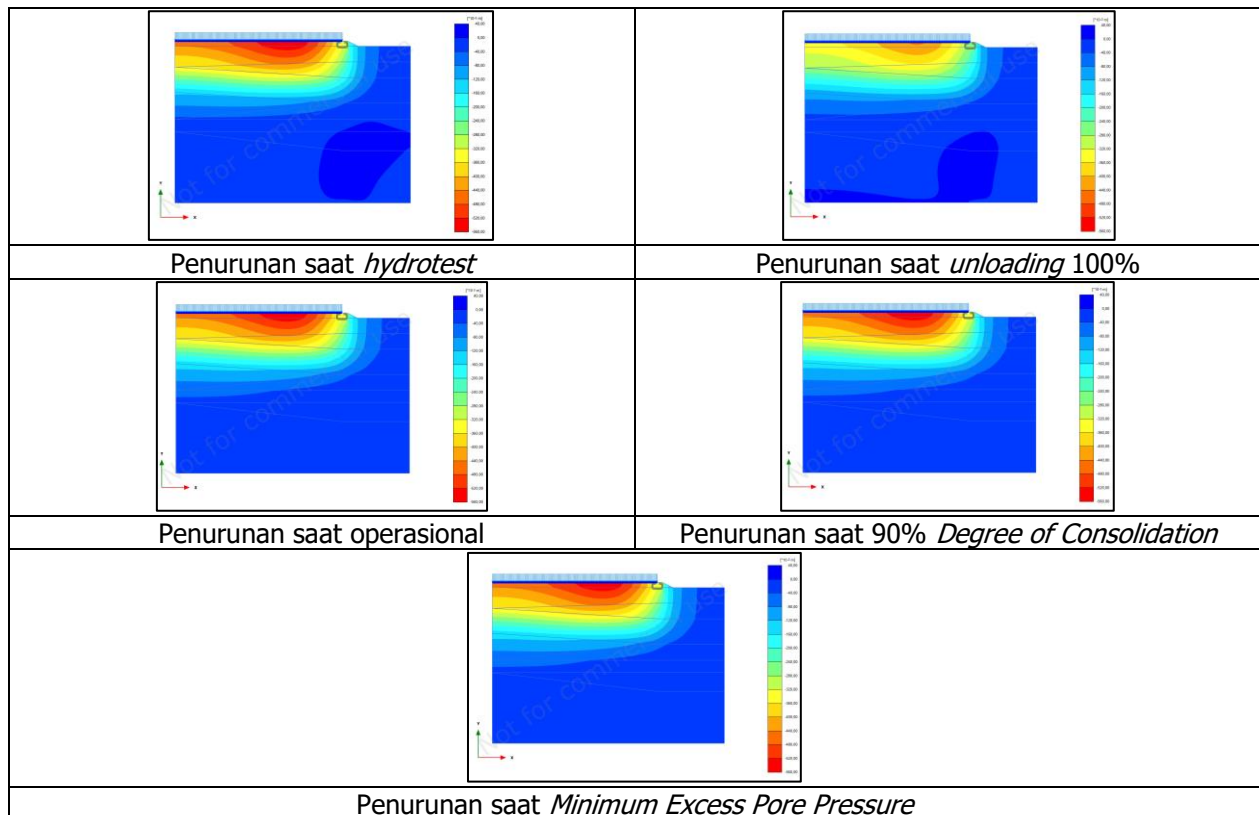
Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data BH-07, CPT-17, dan BH-09 yang ditunjukkan pada **Tabel 1**

Tabel 1. Parameter Tanah BH-07, CPT-17, dan BH-09

Klasifikasi Tanah	BH-07, CPT-17, dan BH-09								Unit
	Medium Sand 1	Loose Sand	Soft Clay	Medium Sand 2	Medium Clay	Dense Sand	Hard Clay 1	Hard Clay 2	
N-SPT	18	6	4	16	7	44	41	50	blows/30 cm
Kedalaman	-	-	-	-	-	-	-	-	m
Material Model	Hardening Soil								-
Drained Type	Drained	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Undrained A	-
γ_{unsat}	17,5	16	16	17,5	17	18	18	18	kN/m ³
γ_{sat}	18,5	17	17	18,5	18	19	19	19	kN/m ³
k_x	0,0864	0,0864	0,00864	0,0864	0,000864	0,000864	0,00000864	0,00000864	m/hari
k_y	0,0864	0,0864	0,00864	0,0864	0,000864	0,000864	0,00000864	0,00000864	m/hari
c'	1	1	2	1	5	1	7	7	kN/m ²
ϕ	32	28	26	32	30	33	33	34	°
ψ	2	-	-	2	-	3	-	-	°
$E_{50\ ref}$	13200	8400	4800	12400	8400	33600	49200	60000	kN/m ²
$E_{oed\ ref}$	10560	6720	3840	9920	6720	26880	39360	48000	kN/m ²
E_{ur}	39600	25200	14400	37200	25200	100800	147600	180000	kN/m ²
m	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	-

4.3 Pemodelan Axisymmetric Sisi Kanan (CPT-17 dan BH-09)

Hasil pemodelan sisi kanan ditunjukkan oleh **Gambar 2**



Gambar 2 Hasil Pemodelan Sisi Kanan (CPT-17 dan BH-09)

Detail besarnya penurunan pada sisi kanan dapat dilihat pada **Tabel 2**

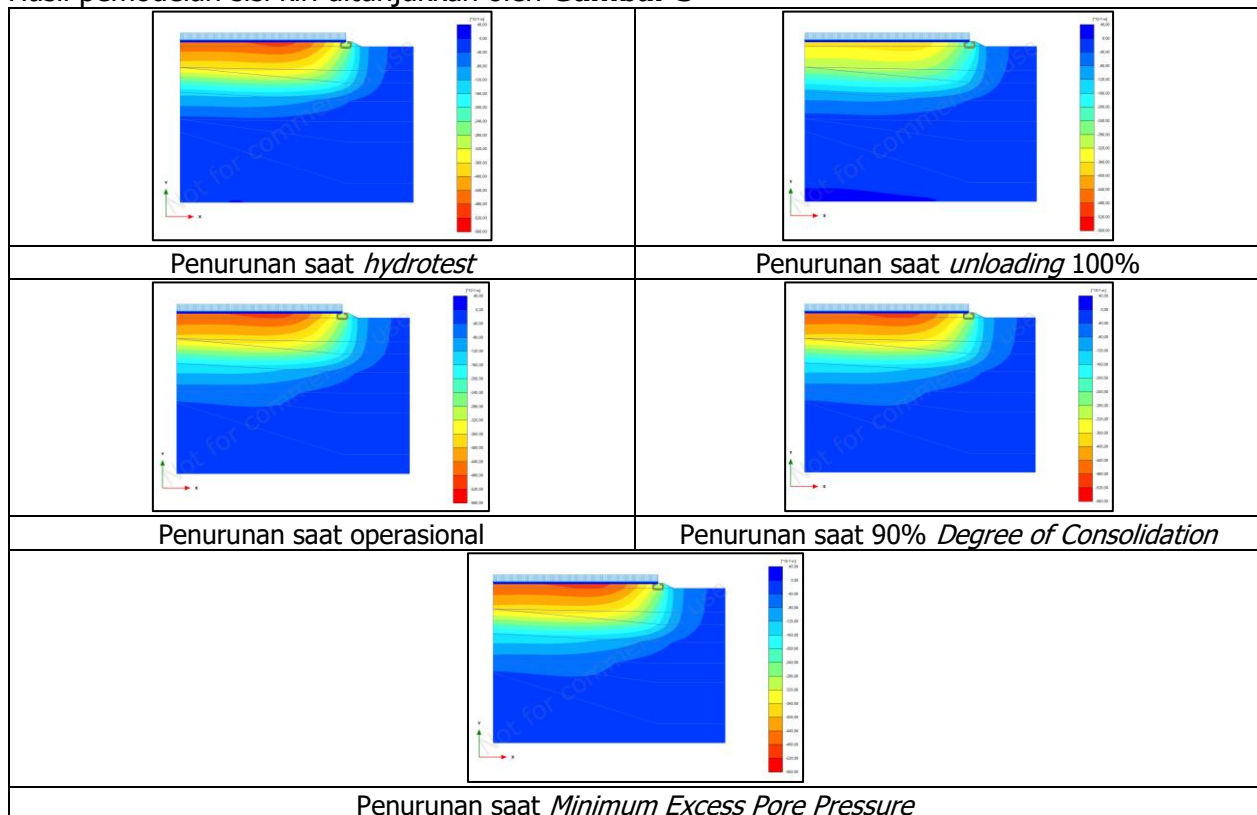
Tabel 2. Detail Besar Penurunan pada Sisi Kanan (CPT-17 dan BH-09)

No	Deskripsi	Durasi (hari)	Besar Penurunan (mm)		Penurunan Maksimal Kriteria Desain mm	Hasil
			CPT-17	BH-09		
1	Penurunan saat <i>preloading (hydrotest)</i>	52	525,9	555,4	300	NOT OK
2	Penurunan saat unloading 100%	70	415,6	444,4		
3	Penurunan saat operasional	3730	106,3	107,1	100	NOT OK
4	Penurunan saat 90% <i>degree of consolidation</i>	1883	105,6	106,4		
5	Penurunan saat <i>Minimum Excess Pore Pressure</i>	4584	106,3	107,1		

Pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa penurunan terbesar yang terjadi pada sisi kanan (CPT-17 dan BH-09) sebesar 555,4 mm. Penurunan tersebut berada pada titik BH-09, karena BH-09 merupakan titik dengan kondisi tanah yang lebih jelek daripada CPT-17. Pada sisi kanan, penurunan yang terjadi melebihi kriteria desain yang dipersyaratkan.

4.4 Pemodelan *Axisymmetric* Sisi Kiri (BH-07 dan CPT-17)

Hasil pemodelan sisi kiri ditunjukkan oleh **Gambar 3**



Gambar 3. Hasil Pemodelan Sisi Kiri (BH-07 dan CPT-17)

Detail besarnya penurunan pada sisi kiri dapat dilihat pada **Tabel 3**

Tabel 3. Detail Besar Penurunan pada Sisi Kiri (BH-07 dan CPT-17)

No	Deskripsi	Durasi (hari)	Besar Penurunan (mm)		Penurunan Maksimal Kriteria Desain mm	Hasil
			CPT-17	BH-07		
1	Penurunan saat <i>preloading (hydrotest)</i>	52	488,1	491,2	300	NOT OK
2	Penurunan saat unloading 100%	70	385	389,2		
3	Penurunan saat operasional	3730	106,2	104,4	100	NOT OK
4	Penurunan saat 90% <i>degree of consolidation</i>	929	105,9	104		
5	Penurunan saat <i>Minimum Excess Pore Pressure</i>	3071	106,1	104,3		

Pada **Tabel 3** menunjukkan bahwa penurunan terbesar yang terjadi pada sisi kanan (CPT-17 dan BH-09) sebesar 491,2 mm. Penurunan tersebut berada pada titik BH-09, karena BH-09 merupakan titik dengan kondisi tanah yang lebih jelek daripada CPT-17. Pada sisi kiri, penurunan yang terjadi melebihi kriteria desain yang dipersyaratkan.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pemodelan pada PLAXIS 2D, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemodelan kondisi tanah eksisting pada sisi kanan yang diwakili oleh CPT-17 dan BH-09 menunjukkan penurunan terbesar yang terjadi yaitu sebesar 555,4 mm dan penurunan selama operasional sebesar 107,1 mm.
2. Pemodelan kondisi tanah eksisting pada sisi kiri yang diwakili oleh BH-07 dan CPT-17 menunjukkan penurunan terbesar yang terjadi yaitu sebesar 491,2 mm dan penurunan selama operasional sebesar 104,4 mm.
3. Penurunan yang terjadi pada sisi kanan dan sisi kiri melebihi kriteria desain yang dipersyaratkan yaitu harus ≤ 300 mm saat *hydrotest* dan ≤ 100 mm saat operasional, sehingga diperlukan perbaikan tanah lebih lanjut menggunakan metode perbaikan tanah yang disesuaikan dengan kondisi lapangan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- API 653 (2014). *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, fifth edition*. Washington D.C. American Petroleum Institute.
- 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
- Wesley, Laurence D. (2012). *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan & Residu*. Yogyakarta: Penerbit Andi