

# Studi Kasus Asessmenet Settlement Shell Tangki Timbun Berdasarkan API 653

Pradipta Putra Nurdianto<sup>1\*</sup>, Budi Prasajo<sup>2</sup>, Mahasin Maulana Ahmad<sup>3</sup>

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2,3</sup>

Email: [pradiptaputra24@student.ppns.ac.id](mailto:pradiptaputra24@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [budiprasajo@ppns.ac.id](mailto:budiprasajo@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [mahasinmaulana@ppns.ac.id](mailto:mahasinmaulana@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** - At one of the Ammonia company has a tank with a capacity of 40,000 MT which has been in operation for 20 years, and it appears to be tilting so an external inspection is required. The inspection is carried out on the tank and its foundation which is feared to affect the condition of the foundation such as the problem of subsidence from the tank foundation. The subsidence of the tank foundation can cause a tank to slope. To find out the slope, a calculation refers to the API 653 Annex B standard through measuring the height on the foundation along the radius of the tank which is divided into 18 points with the same distance. Non-planar settlement was obtained because the  $R^2$  value was 0.7107 which indicated that the  $R^2$  value was less than 0.9. From the calculation results, it is obtained that the maximum decrease value ( $S_{max}$ ) that occurs in area 1 is 1.1207 in (0.0285 m); in area 2 of 0.4803 in (0.0122 m); and in area 3 of 1.2808 in (0.0325 m).

**Keywords:** Tank, Settlement, Shell, API 653, Inspection

## Nomenclature

<b>a</b>	simpangan terjauh kurva <i>cosine</i>
<b>b</b>	simpangan terdekat kurva <i>cosine</i>
<b>c</b>	gerak bolak-balik gelombang
<b>d</b>	posisi awal ketika $t=0$
<b>R</b>	koefisien determinasi
<b>Syy</b>	jumlah kuadrat dari perbedaan antara elevasi terukur rata-rata dan elevasi terukur
<b>SSE</b>	jumlah kuadrat dari perbedaan antara elevasi yang diukur dan elevasi prediksi
<b>Sc</b>	Panjang busur penurunan efektif
<b>K</b>	koefisien
<b>D</b>	diameter tangki
<b>H</b>	ketinggian tangki
<b>Y</b>	<i>yield strength</i> material
<b>E</b>	modulus Young

## 1. PENDAHULUAN

Tangki merupakan wadah penampungan yang biasanya terdapat pada sebuah industri maupun perumahan. Tangki umumnya digunakan untuk menyimpan produk yang bersifat *liquid*, terutama di industri-industri perminyakan, petrokimia, dan lain-lain. Tangki penyimpanan tidak hanya menjadi tempat penyimpanan untuk produk dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku [2]. Kapasitas tangki tergantung pada kebutuhan pasokan yang dibutuhkan oleh sebuah industri.

Dalam suatu perancangan desain tangki, harus dilakukan perhitungan yang tepat guna

mengurangi risiko yang terjadi baik pada saat proses fabrikasi maupun penggunaannya. Perencanaan pondasi pada tangki harus dilakukan perhitungan terhadap stabilitas pondasi yang meliputi stabilitas saat kondisi pondasi menerima beban meliputi berat sendiri tangki beserta aksesorisnya, beban fluida yang ditampung di dalam tangki, maupun pembebanan dari faktor lain (beban gempa, beban angin). Faktor yang tidak kalah penting untuk pertimbangan saat tahap perencanaan adalah perhitungan terhadap penurunan jangka pendek dan jangka panjang yang dapat terjadi sesuai kondisi tanah setempat yang manakala akibat pertimbangan penurunan tersebut akan dapat mempengaruhi dari pondasi tangki.

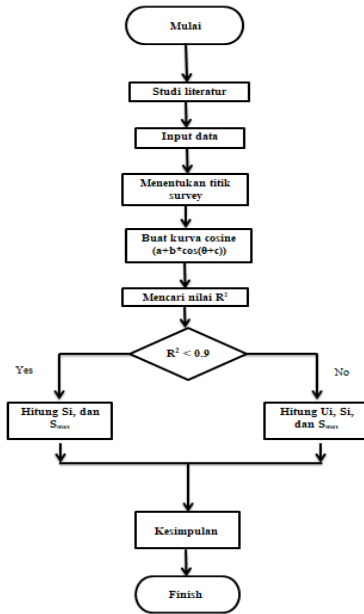
Pada salah satu perusahaan Amonia terdapat sebuah tangki kapasitas 40.000 MT yang beroperasi selama 20 tahun, dan terlihat mengalami kemiringan sehingga perlu dilakukan inspeksi eksternal. Inspeksi tersebut dilakukan pada tangki dan pondasinya yang dikhawatirkan berpengaruh pada kondisi pondasi seperti masalah penurunan dari pondasi tangki. Penurunan dari pondasi tangki tersebut dapat mengakibatkan sebuah tangki mengalami kemiringan. Penelitian ini akan membahas tentang perhitungan *settlement* pada tangki untuk mengurangi kegagalan yang terjadi. Penelitian ini akan mengacu pada API Standard 653 5th Edition, April 2018.

API Standard 653 5th Edition, April 2018 Annex B menjelaskan perhitungan *settlement shell tank* terdapat beberapa proses diantaranya penentuan jenis *settlement* sampai dengan perhitungan nilai maksimal *settlement* yang dapat diterima dalam penurunan tangki [1].

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Untuk diagram alir metodologi pada penelitian kali ini dijelaskan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Perhitungan kurva cosine

API 653 Annex B membahas mengenai perhitungan evaluasi penurunan dasar tangki yang dapat diijinkan. Untuk penyelesaian evaluasi settlement tangki dapat direpresentasikan dengan grafik kurva cosine untuk memberikan ilustrasi penurunan dengan persamaan 1 sebagai berikut  $Elev.pred = a + b \times \cos(\theta + c)$  (1)

2.3 Penentuan Jenis Settlement

Penentuan jenis settlement menurut API 653 Annex B dilakukan dengan mencari perhitungan nilai R<sup>2</sup>. Istilah koefisien determinasi yang disimbolkan dengan R<sup>2</sup>, digunakan dalam perhitungan statistik khususnya yang berhubungan dengan regresi. Koefisien determinasi dihitung untuk mengetahui sejauh mana kemampuan sejumlah variabel bebas yang ada dalam model persamaan regresi secara berbarengan mampu menjelaskan variabel tidak bebasnya [3]. Untuk menghitung nilai R<sup>2</sup> digunakan dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{(S_{yy} - SSE)}{S_{yy}} \quad (2)$$

2.4 Perhitungan Nilai Maksimal Settlement

Perhitungan nilai maksimal settlement pada tangki timbun mengacu berdasarkan standard API 653 Annex B, perhitungannya menggunakan persamaan 3 seperti berikut:

$$S_{max,in} = \min \left[ K \times S_{arc} \times \left( \frac{D}{H} \right) \times \left( \frac{Y}{E} \right), 4.0 \right] \quad (3)$$

Tabel 1: Nilai K.

Tank Diameter (ft)	Open Top Tanks, K	Fixed Roof Tanks, K
D ≤ 50	28.7	10.5
50 < D ≤ 80	7.8	5.8
80 < D ≤ 120	6.5	3.9
120 < D ≤ 180	4.0	2.3
180 < D ≤ 240	3.6	Not applicable
240 < D ≤ 300	2.4	Not applicable
300 < D	Not applicable	Not applicable

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Besar Deviasi antara Data Riiil dan Model Persamaan

Data pengukuran penurunan pada pondasi tangki diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2: Hasil Pengukuran penurunan pada pondasi tangki.

Point	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Elev(m)	1.438	1.437	1.435	1.441	1.437	1.437	1.439	1.429	1.428
Point	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
Elev(m)	1.428	1.431	1.432	1.437	1.443	1.447	1.446	1.442	1.440

Berdasarkan data diatas bentuk hasil pemodelan sinusoidal diperoleh:

$$Elev_{pred} = 1.436 + \{0.007 \cdot \cos(1.526 \cdot \theta - 1.528)\}$$

Hasil dari perhitungan besar deviasi antara data riil dan model persamaan akan dimasukkan pada Tabel 3 dibawah ini. Pada Tabel 3 terdapat juga besarnya nilai SSE dan S<sub>yy</sub> yang digunakan untuk menentukan jenis settlement.

Tabel 3: Hasil Perhitungan besar deviasi antara data riil dan model persamaan.

No	yi	xi	y'	f(xi)	(f(xi) - yi)	(f(xi) - yi) <sup>2</sup>	(yi - y') <sup>2</sup>	(yi - y') <sup>3</sup>
P1	1,438	0	1,437	1,436	0,002	4,168E-06	8,889E-04	7,901E-07
P2	1,437	20	1,437	1,439	0,002	5,941E-06	-1,111E-04	1,235E-08
P3	1,435	40	1,437	1,442	0,007	4,721E-05	-2,111E-03	4,457E-06
P4	1,441	60	1,437	1,443	0,002	2,514E-06	3,889E-03	1,512E-05
P5	1,437	80	1,437	1,441	0,004	1,920E-05	-1,111E-04	1,235E-08
P6	1,437	100	1,437	1,439	0,002	2,543E-06	-1,111E-04	1,235E-08
P7	1,439	120	1,437	1,435	0,004	1,603E-05	1,889E-03	3,568E-06
P8	1,429	140	1,437	1,432	0,003	6,672E-06	-8,111E-03	6,579E-05
P9	1,428	160	1,437	1,429	0,001	1,696E-06	-9,111E-03	8,301E-05
P10	1,429	180	1,437	1,429	0,0002	4,597E-08	-8,111E-03	6,579E-05
P11	1,431	200	1,437	1,430	0,001	6,785E-07	-6,111E-03	3,735E-05
P12	1,432	220	1,437	1,433	0,001	1,186E-06	-5,111E-03	2,612E-05
P13	1,437	240	1,437	1,437	0,0003	8,057E-08	-1,111E-04	1,235E-08
P14	1,443	260	1,437	1,440	0,003	8,687E-06	5,889E-03	3,468E-05
P15	1,447	280	1,437	1,442	0,005	2,329E-05	9,889E-03	9,779E-05
P16	1,446	300	1,437	1,442	0,004	1,231E-05	8,889E-03	7,901E-05
P17	1,442	320	1,437	1,441	0,001	1,173E-06	4,889E-03	2,390E-05
P18	1,440	340	1,437	1,438	0,002	4,460E-06	2,889E-03	8,346E-06
						SSE = 1,579E-04	S <sub>yy</sub> = 5,458E-04	

3.2 Jenis Settlement

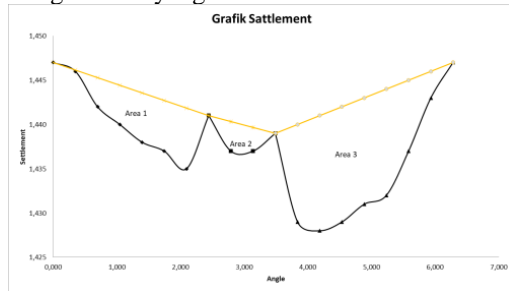
API 653 memberikan ilustrasi besarnya penurunan tangki tipe rigid tilt plane dalam bentuk kurva cosine dimana nilai elevasi settlement (Elev pred.) [4]. Elev pred. dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{(S_{yy} - SSE)}{S_{yy}} = \frac{(0,00055 - 0,000158)}{0,00055} = 0,7107$$

Jenis *settlement* yang terjadi yaitu *settlement non-planar* dikarenakan pada perhitungan diketahui bahwa nilai  $R^2 < 0,9$ .

### 3.3 Maksimal Settlement

Dalam melakukan perhitungan nilai maksimal *settlement* yang terjadi harus dilakukan pembagian area terlebih dahulu untuk mengetahui besar nilai penurunan. Berikut Gambar 2 merupakan pembagian area yang akan dilakukan.



Gambar 2. Pembagian Area

Perhitungan nilai maksimal *settlement* tangki timbun dilakukan pada setiap area:

#### 1. Area 1

$$\begin{aligned} S_{max,in} &= \min \left[ K \times S_{arc} \times \left( \frac{D}{H} \right) \times \left( \frac{Y}{E} \right), 4.0 \right] \\ &= \min \left[ 2,3 \times 206,0368 \text{ ft} \times \left( \frac{168,64 \text{ ft}}{117,053 \text{ ft}} \right) \right. \\ &\quad \times \left( \frac{50000 \text{ lbf/in}^2}{30460000 \text{ lbf/in}^2} \right), 4.0 \left. \right] \\ &= 1,1207 \text{ in} \\ &= 0,02805 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2. Area 2

$$\begin{aligned} S_{max,in} &= \min \left[ K \times S_{arc} \times \left( \frac{D}{H} \right) \times \left( \frac{Y}{E} \right), 4.0 \right] \\ &= \min \left[ 2,3 \times 88,2997 \text{ ft} \times \left( \frac{168,64 \text{ ft}}{117,053 \text{ ft}} \right) \right. \\ &\quad \times \left( \frac{50000 \text{ lbf/in}^2}{30460000 \text{ lbf/in}^2} \right), 4.0 \left. \right] \\ &= 0,4803 \text{ in} \\ &= 0,0122 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3. Area 3

$$\begin{aligned} S_{max,in} &= \min \left[ K \times S_{arc} \times \left( \frac{D}{H} \right) \times \left( \frac{Y}{E} \right), 4.0 \right] \\ &= \min \left[ 2,3 \times 235,466 \text{ ft} \times \left( \frac{168,64 \text{ ft}}{117,053 \text{ ft}} \right) \right. \\ &\quad \times \left( \frac{50000 \text{ lbf/in}^2}{30460000 \text{ lbf/in}^2} \right), 4.0 \left. \right] \\ &= 1,2808 \text{ in} \\ &= 0,0325 \text{ m} \end{aligned}$$

### 4. KESIMPULAN

- Jenis *settlement* tangki timbun pada penelitian ini yaitu *non-planar* karena nilai  $R^2$  sebesar 0,7107 yang menunjukkan bahwa nilai  $R^2$  kurang dari 0,9.
- Hasil perhitungan dari nilai maksimal *settlement* yang telah dihitung mengacu berdasarkan standard API 653 5th, edition, 2018 diketahui besarnya nilai maksimal

*settlement* yang terjadi pada area 1 sebesar 1,1207 in (0,0285 m); pada area 2 sebesar 0,4803 in (0,0122 m); serta pada area 3 sebesar 1,2808 in (0,0325 m).

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

- Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak R. Dimas Endro W., S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Ibu Ika Erawati, S.S, M.Pd selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak Budi Prasojo, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
- Bapak Mahasin Maulana Ahmad, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
- Bapak Muhamad Ari, S.T., M.T yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
- Seluruh Dosen Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
- Seluruh keluarga yang telah memberikan banyak kasih sayang, nasihat hidup, dukungan, doa, dan segalanya bagi penulis.
- Kakak – kakak tingkat Teknik Perpipaan 2016 dan 2017 yang telah membantu memberi masukan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
- Teman - teman seperjuangan Teknik Perpipaan angkatan 2018 yang telah memberikan banyak warna kehidupan, kebersamaan, dan canda tawa kepada penulis selama kuliah di PPNS.
- Terimakasih kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu.

### 7. PUSTAKA

- API 653 (2018) Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, fifth edition.
- Ratnasari, A., Mahardhika, P. (2018). Perancangan Tangki Stainless Steel untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m<sup>3</sup>.
- Sambas Ali, dkk. (2009). Analisis Korelasi, Regresi dan Jalur Anova dalam Penelitian, Penerbit CV Pustaka Setia. Bandung
- Satiawan, B., & Raswitaningrum, T R. (2020). Evaluasi Penurunan Pondasi Tangki Minyak Sesuai API 653.

- [5] Satiawan, B., & Raswitaningrum, T R. (2020).  
Evaluasi Kapasitas Isi Tangki Minyak Yang  
Telah Mengalami Kemiringan.