

Desain *Storage Tank* Kapasitas 450 kL Menggunakan *One Foot Method* dan Perhitungan Estimasi Biaya

Renald Rahman Prabowo^{1*}, Budi Prasajo², Dianita Wardani³

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1,2,3}

Email: rrahman19@student.ppns.ac.id^{1*}; budiprasajo@ppns.ac.id^{2*}; dianitawardani@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - A Company in Kalimantan plans to increase the capacity with 4 storage tanks 450 kL using A283 Gr C carbonsteel material. This design refers to the API 650 standard 13th edition, 2020 including the calculation of the minimum thickness on the shell, bottom, annular bottom, and roof. Based on the calculation of the one foot method, the minimum plate thickness on shell courses 1-6 is 5.44 mm, 4.99 mm, 4.54 mm, 4.09 mm, 3.64 mm, 3.19 mm. Because the thickness of the shell plate is not greater than 6 mm, 6 mm is used according to the API 650 standard criteria, the minimum thickness with a diameter between 6 m and 36 m is 6 mm. For bottom plate 9 mm, annular bottom plate 9 mm, and roof 8 mm. The result of the calculation of the cost of building a tank unit with a capacity of 450 kL is Rp. 1,066,964,874.87 with a total material cost of Rp. 404,517,851.23 and the estimated cost for construction is Rp. 662.447,023.63.

Keywords: API 650 standard, cost, course, minimum thickness, storage tank.

Nomenclature

t_d	Design shell thickness (mm)
D	Diameter tangki (m)
H	Tinggi permukaan desain dari cairan(m)
G	Berat jenis cairan yang akan disimpan, ditentukan oleh owner
S_d	Tekanan yang diijinkan untuk kondisi desain (MPa.)
CA	Korosi yang diijinkan, ditentukan oleh owner(mm)
t_t	Ketebalan dinding uji hidrostatik (mm)
S_t	Tekanan yang diijinkan untuk uji hidrostatik (MPa)

1. PENDAHULUAN

Pada sistem distribusi di suatu industri dibutuhkan penampungan/penyimpanan (*storage*) untuk menjaga kelancaran dan ketersediaan produk sebelum di distribusikan lebih lanjut. Pada industri minyak sawit (*palm oil*), *storage tank* merupakan *equipment* yang harus ada guna menampung sementara minyak mentah atau pun minyak hasil dari pengolahan.

Minyak kelapa sawit merupakan jenis minyak nabati yang paling banyak dikonsumsi oleh penduduk dunia. Angka konsumsinya mencapai 75,45 juta metrik ton atau 36,3% dari konsumsi minyak nabati dunia (databoks.katadata.co.id). Karena kebutuhan produksi minyak kelapa sawit yang cukup besar maka untuk mengantisipasi kehabisan *stock* minyak sawit yang selalu meningkat tiap tahunnya, direncanakan untuk menambah kapasitas daya tamping *palm oil* untuk memperlancar proses distribusi dan penambahan 8 *storage* minyak baru dengan kapasitas dan jenis minyak olahan yang berbeda. Untuk pembangunan tangki baru tentu diperlukan biaya yang cukup

besar, baik dari proses desain, material, konstruksi, maupun inspeksi. Oleh karena itu diperlukan perhitungan desain dan kekuatan tangki secara matang guna menghindari *defect*, *buckling*, maupun *leakage* yang dapat merugikan perusahaan dari segi biaya, waktu dan *safety*. Selain itu juga supaya tidak ada biaya tambahan untuk *repair* apabila terjadi sesuatu pada tangki.

Oleh karena itu, perlunya adanya perancangan desain dan perhitungan estimasi biaya material serta konstruksi yang akan diangkat menjadi topik. Desain ini mengacu pada *standard* agar dapat mengurangi atau memperkecil kemungkinan kegagalan pada tangki yang dibangun. Dalam perancangan pembangunan tangki ini mengacu pada *API Standard 650 Thirteenth Edition, March 2020* [1].

2. METODOLOGI

2.1 Bentuk Penelitian

Penelitian ini berupa desain perancangan dan analisa kekuatan tangki timbun dengan kapasitas 450 kL. Perancangan ini mengacu pada standar *API 650 13th edition, 2020* yang meliputi pemilihan material, penentuan jumlah *course*, perhitungan tebal minimal pelat pada *shell*, *roof*, *bottom plate*, dan *annular bottom* menggunakan *one foot method*. Setelah itu adalah menentukan total biaya konstruksi dan material untuk pembangunan tangki.

2.2 Perhitungan Tebal Pelat

Perhitungan *shell plate* menggunakan metode *One Foot Method*, metode ini digunakan untuk perhitungan ketebalan pada *design points* 0.3 m(1ft) diatas *bottom* pada setiap *shell course*. *One Foot Method* digunakan pada tangki dengan diameter kurang dari 61 meter [3]. Tangki yang digunakan pada penelitian ini memiliki tinggi 10,2 m dan

Program Studi D4 Teknik Perpipaan – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

diameter 7,7 m. Berikut formula *One Foot Method* dalam unit SI (*Satuan Internasional*):

$$t_d = \frac{4.9 D(H-0.3)G}{S_d} + CA \quad (1)$$

$$t_t = \frac{4.9 D(H-0.3)}{S_t} \quad (2)$$

Sedangkan untuk tebal pelat pada *bottom*, *annular bottom*, dan *roof* dapat menggunakan formula berikut:

$$t_{d1} = t_{\text{minimal sesuai API 650}} + CA \quad (3)$$

2.3 Klasifikasi Biaya

Biaya proyek adalah biaya yang digunakan selama proyek itu berlangsung sampai proyek tersebut selesai. Pada penelitian ini, biaya yang akan dihitung antara lain adalah:

1. Biaya pengadaan (*procurement cost*), yaitu biaya yang termasuk sehubungan untuk memperoleh perangkat keras dan biasanya digunakan pada tahun pertama.
2. Biaya persiapan operasi/konstruksi (*start-up cost*), yaitu yang berhubungan dengan semua biaya untuk membuat system siap dioperasikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Utama

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut:

Tabel 1: Data Utama Tangki

No	Data	Keterangan
1.	Dimensi tangki :	
	<i>Inside diameter</i>	7700 mm
	<i>Height</i>	10200 mm
	Ukuran pelat	6096 mm x 1829 mm
2.	Material	A283 Gr.C
3.	<i>Tank volume</i>	450 kL
4.	<i>Corrosion allowance</i>	3 mm
5.	S_d	137 MPa
6.	S_t	154 MPa
7.	<i>Fluid density</i>	895 /m ³

3.2 Hasil Perhitungan Minimum Thickness Pada Shell

Perhitungan tebal minimal pelat pada *shell* dengan formula *one-foot method* menggunakan material ASTM A283 gr. C ukuran 6096 mm x 1829 mm yang memiliki spesifikasi sesuai dengan standar API 650 tabel 5.2a. Adapun hasil perhitungan one foot method dengan formula sebagai berikut:

Perhitungan *course 1*

$$\begin{aligned}
 H &= 10,2 \text{ m} \\
 t_{d1} &= \frac{4,9 \cdot D (H-0,3)G}{S_d} + CA \\
 &= \frac{4,9 \cdot 7,7 (10,2-0,3) 0,895}{137 \text{ MPa}} + 3 \text{ mm} \\
 &= 5,44 \text{ mm} \\
 T_{t1} &= \frac{4,9 \cdot D (H-0,3)}{S_t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4,9 \cdot 7,7 (10,2-0,3)}{154 \text{ MPa}} \\
 &= 2,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena perhitungan t_{d1} dan t_{t1} lebih kecil dari *nominal thickness* 6 mm, maka t_{d1} dan t_{t1} menggunakan *minimum thickness* 6 mm sesuai dengan standar API 650 tabel AL. 5a. untuk perhitungan *course 2* dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2: Hasil Perhitungan *One foot method*

Course	H (m)	td (mm)	tt (mm)	t API 650 (mm)	t aktual
1	10.20	5.44	2.43	6.00	6.00
2	8.37	4.99	1.98	6.00	6.00
3	6.54	4.54	1.53	6.00	6.00
4	4.71	4.09	1.08	6.00	6.00
5	2.88	3.64	0.63	6.00	6.00
6	1.06	3.19	0.18	6.00	6.00

Selanjutnya untuk mengetahui jumlah pelat setiap *course* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah pelat Per course} &= \frac{K_{\text{lingkaran}}}{P_{\text{pelat}}} \\
 &= \frac{\pi \cdot D}{P} \\
 &= \frac{\pi \cdot 7,7}{6,096} \\
 &= 3,97 \approx 4 \text{ pelat}
 \end{aligned}$$

3.3 Hasil Perhitungan Minimum Thickness pada Bottom Plate

Pada pelat yang dipasang di *bottom*, *thickness bottom* (T_b) tidak boleh kurang dari 6 mm. Hal ini berdasarkan pada API 650 Paragraf 5.4.1 Jadi ketebalan minimal pada pelat *bottom* adalah 6 mm. Selanjutnya hasil dari *thickness bottom plate* ditambahkan dengan CA.

$$\begin{aligned}
 t_{\text{bottom}} &= 6 \text{ mm} + CA \\
 &= 6 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \\
 &= 9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.4 Hasil Perhitungan Minimum Thickness pada Annular Bottom Plate

Ketebalan pelat pada *annular bottom plate* ditentukan mengacu standart API 650 serta ditambah *corrosion allowance*-nya. Langkah awal yaitu mengetahui tebal pelat pada *shell course 1* yaitu:

$$\begin{aligned}
 t_{d \text{ actual}} &= 6 \text{ mm} \\
 t_t \text{ actual} &= 3 \text{ mm} \\
 \text{Product stress} &= (t_d - CA / t_{\text{corroded}}) \cdot S_d \\
 &= (6 \text{ mm} - 3 \text{ mm} / 3 \text{ mm}) \cdot 137 \text{ MPa} \\
 &= 137 \text{ MPa} \\
 \text{Hydrostatic test} &= (t_t / t_{\text{nominal}}) \cdot S_t \\
 &= (3 \text{ mm} / 3 \text{ mm}) \cdot 154 \text{ MPa} \\
 &= 154 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui *hydrostatic test* dan *product stress* maka diambil hasil *stress* yang terbesar yaitu *hydrostatic test*. Lalu melihat tabel 5.1.a pada API 650. Dari Tabel tersebut, diketahui *plate thickness* sebesar 6 mm dan *stress first shell course* ≤ 190 maka didapatkan *thickness annular bottom* sebesar 6 mm. Selanjutnya hasil dari *thickness annular bottom* ditambahkan dengan CA.

$$\begin{aligned} t_{\text{annular bottom}} &= 6 \text{ mm} + \text{CA} \\ &= 6 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \\ &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.5 Hasil Perhitungan Minimum Thickness pada Roof

Pada pelat yang dipasang di *roof*, *thickness roof* (T_r) tidak boleh kurang dari 3/16 inch atau 5 mm. Hal ini berdasarkan pada standar API 650 Paragraf 5.10.2.2 yang menjelaskan bahwa perhitungan atap tangki harus menambahkan *Corrosion allowance* (CA) untuk ditambahkan pada ketebalan pelat yang sudah ditentukan seperti perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned} t_r &= 5 \text{ mm} + \text{CA} \\ &= 5 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \\ &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.6 Total Biaya Material dan Konstruksi

Biaya material telah dikelompokkan berdasarkan setiap segmen pada tangki beserta instrument pendukung. Perhitungan biaya material pada tangki ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Table 3: Perhitungan Biaya Material

No	Material	Harga
1	Shell	Rp 156,063,558.00
2	Bottom & annular	Rp 57,618,717.00
3	Roof	Rp 43,633,476,24
4	Steel structure	Rp 34,900,000.00
5	Instrument	Rp 95,991,100.00
6	Painting	Rp 16,311,000.00
Total		Rp 404.517.851,23

Selain perhitungan estimasi biaya material yang digunakan untuk pembangunan tangki diperlukan juga untuk perhitungan estimasi biaya tahap konstruksi sebagaimana dijelaskan oleh Tabel 4 berikut.

Table 4: Perhitungan Biaya Konstruksi

No	Pekerjaan	Harga
1	Pekerjaan shell	Rp287,271,024.54
2	Pekerjaan annular dan bottom	Rp95,852,044.74
3	Pekerjaan roof	Rp74,635,394.35
4	Pekerjaan nozzle dan manhole	Rp23,139,360.00
5	Pekerjaan structure	Rp13,316,800.00
6	Pengadaanalatkerja	Rp138,232,400.00
7	Inspection	Rp30,000,000.00
Total		Rp662,447,023.63

Dari tabel perhitungan biaya konstruksi di atas, pekerjaan *shell* dan *roof* meliputi fabrikasi, *fit up*, *welding*, *grinding*, *sand blasting* dan *painting*. Begitu juga untuk pekerjaan *nozzle*, *manhole*, dan *structure*. Sedangkan untuk *annular* dan *bottom* tidak memerlukan *sand blasting* dan *painting*. Untuk pengadaan alat yang dibutuhkan pada proses *erection* meliputi *crane*, *scaffolding* dan TMC truck. *Hydrotest* digunakan sebagai metode untuk inspeksi dengan cara *water inject* ke dalam tangki dengan tekanan yang telah ditentukan. Didapatkan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk *fabrication* dan *erection* sebesar Rp 662.447.023,63.

4. KESIMPULAN

Tebal minimal pelat pada *shell* yang dihitung menggunakan *one foot method* didapatkan hasil dari *course 1* adalah 5,44 mm, *course 2* adalah 4,99 mm, *course 3* adalah 4,54 mm, *course 4* adalah 4,09 mm, *course 5* adalah 3,64 mm, *course 6* adalah 3,19 mm. Karena tebal pelat *shell* tidak ada yang lebih besar dari 6 mm, maka tebal pelat yang digunakan adalah 6 mm sesuai dengan kriteria API 650 *standard* untuk tebal minimal pelat *shell* dengan diameter diantara 6 m dan 36 m adalah 6 mm. Untuk ketebalan *bottom plate* 9 mm, *annular bottom plate* 9 mm, dan *roof* 8 mm

Biaya pembangunan satu unit tangki kapasitas 450 kL sebesar Rp 1.066.964.874,87 dengan total biaya material sebesar Rp 404.517.851,23 dan estimasi biaya untuk konstruksi sebesar Rp 662.447.023,63.

5. SARAN

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih detail dan bervariasi dengan menggunakan material pelat yang berbeda dalam pembuatan desain sebuah tangki, untuk mendapatkan hasil yang bervariasi. Selain itu dapat dilanjutkan untuk perhitungan stabilitas tangki terhadap angin dan gempa untuk mendapatkan desain yang kokoh. Pemodelan untuk *storage tank* dapat menggunakan *software* lain untuk mendapatkan variasi dan relevansi dalam proyeksi aktual.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute 650, 2020, *Thirteenth Edition*
- [2] Kharisma, A. A., Givari, A. F., & Mulyana, I. S. (2021). Desain Dan Analisis Kekuatan Tangki *Fire Water Storage Tank* Tipe *Fix Cone Roof* Kapasitas 1500 Kl Dengan Perhitungan Aktual Dan Simulasi *Software*. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 26(1), 69–78. <https://doi.org/10.35760/tr.2021.v26i1.3692>
- [3] Mahardhika, P., & Ratnasari, A. (2018). Perancangan Tangki *Stainless Steel* untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 M3. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 3(1), 39–

46.

<https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i1.2018.39-46>

- [4] Masrukhi, M., Mahardhika, P., Erawati, I., & Wasono, B. P. (2019). *The design and stress analysis of a 10.000 barrel fixed roof crude oil storage tank* In: PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya), *4th Conference On Piping Engineering and Its Application (CPEAA) 2019*. Surabaya
- [5] Prasajo, B., Erawati, I.(2020). *Analisa Teknis dan Ekonomis Proteksi Sacrificial Anode dengan Impressed Current untuk Tangki*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [6] Widharto, Sri. (2002).*Inspeksi Teknik: Buku 2*, Jakarta, PT.Pradnya Pramita.