

Desain Dan Analisis Kekuatan Storage Tank Kapasitas 10.000 KL Terhadap Wind Load, Seismic Load Dan Hydrostatic Load

Ferdinan Setiawan Fascal^{1*}, Budi Prasojo², Dianita Wardani³

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

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

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

Abstract - A company engaged in the distribution of fuel oil located in the Tank Terminal area, South Kalimantan, which is responsible for managing and distributing fuel oil supplies plans to build a fuel oil storage tank of up to 10,000 KL using ASTM A36 carbon steel material. The tank design refers to the API 650 standard, 13th edition, 2020, including the calculation of minimum thickness for the shell, bottom, annular bottom, roof, manhole, and nozzle. The Indonesian National Standard (SNI) is used for earthquake and wind load calculations. The design is modeled with software and also finite element method analysis using Ansys software to determine the strength of the tank. Based on the calculation of the one-leg method, the minimum thickness for layer 1 is 16 mm, layer 2 is 15 mm, layer 3 is 14 mm, and layer 4 is 12 mm, layer 5 is 10 mm, layers 6 and 7 are 8 mm, layer 8 is 6 mm. The minimum plate thickness for the bottom is 8 mm, the circular bottom is 8 mm, and the roof is 7 mm. 3D modeling using software covers several parts of the tank design, starting from the bottom plate, circular bottom plate, shell, and roof. The modeling results can be used to simulate stress analysis using ANSYS software to obtain Von Mises values and deformation. Furthermore, this modeling can be used to simulate stress analysis using ANSYS software to determine Von Mises values and deformation.

Keyword: One foot method, analysis, equivalent stress, deformation, storage tank, minimum thickness

Nomenclature

t_d	Design shell thickness, (mm)
t_t	Ketebalan dinding uji hidrostatik, (mm)
D	Diameter tangki, (m)
H	Tinggi desain tangki, (m)
G	Berat jenis cairan yang disimpan
S_d	Tekanan desain yang diijinkan, (MPa)
S_t	Tekanan yang diijinkan untuk uji hidrostatik, (MPa)
CA	Korosi yang diijinkan, (mm)
ρ	Massa jenis fluida (kg/m^3)
H_{load}	Beban Hydrostatic

1. PENDAHULUAN

Tangki penyimpanan atau (*storage tank*) merupakan fasilitas yang sangat penting dalam industri minyak, gas, dan bahan kimia yang berfungsi untuk menampung cairan bahan bakar sebelum dilakukan pendistribusian. Dalam sektor minyak, gas, dan industri kimia, *storage tank* berperan sebagai unit sistem penyimpanan cairan untuk menampung bahan bakar sebelum dilakukan distribusi dan merupakan bagian dari peralatan proses pada sektor industri mulai dari skala kecil hingga skala besar.

Perusahaan yang bergerak pada bidang pendistribusian bahan bakar minyak yang berada di area *Tank Terminal*, Kalimantan Selatan

senantiasa melakukan peningkatan dalam memberikan pelayanan dan penyediaan bahan bakar minyak untuk mendukung kegiatan operasional. Perusahaan ini telah bekerja sama dalam mendistribusikan pasokan bahan bakar melalui kegiatan distribusi BBM di area *Tank Terminal*.

Pada kasus yang terdapat pada terminal pengisian BBM di area *Tank Terminal*, Kalimantan Selatan yaitu sering mengalami kehabisan stok BBM yang akan didistribusikan dan sebagai solusi untuk mencegah terjadinya kehabisan stok BBM tersebut, maka perlu penambahan sebuah tangki baru dengan kapasitas yang lebih besar.

Pembangunan *storage tank* dengan kapasitas yang besar tentunya diperlukan beberapa tahapan seperti tahap perhitungan dan pembuatan desain, pemilihan material, analisis kekuatan tangki dan sebagainya. Oleh karena itu, perlu adanya perhitungan desain yang mengacu pada *standard API 650 thirteenth edition*, 2020 dan pemodelan desain tangki menggunakan *Software Solidworks* serta analisis pada tangki untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kegagalan desain pada tangki yang dibangun menggunakan *Software Ansys*.

2. METODOLOGI

2.1 Bentuk Penelitian

Penelitian pada pembangunan *storage tank* berupa desain tangki dengan mengacu *standard API 650 Thirteenth Edition*, 2020. Perhitungan *minimum wall thickness* pada bagian *shell*, *annular bottom plate*, *bottom plate* dan *roof plate* dengan menggunakan metode *one foot method*. Metode *one foot method* digunakan untuk tangki dengan diameter di bawah 60 m. Penelitian ini juga melakukan pemodelan desain tangki dengan menggunakan *Software Solidworks* disertai dengan analisis tegangan pada desain tangki menggunakan *Software Ansys* untuk mengetahui *allowable stress material* yang diijinkan apakah aman untuk digunakan.

2.2 Perhitungan Minimum Wall Thickness

Perhitungan *minimum wall thickness plate* pada bagian *shell* berdasarkan *standard API 650 thirteenth edition*, 2020 para 5.6.3.2. Berikut adalah formula perhitungan *minimum wall thickness* pada bagian *shell* dengan menggunakan satuan SI (Satuan Internasional) :

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

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

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

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

2.3 Pemodelan Desain

Pemodelan desain adalah proses membuat representasi (model) dari suatu produk, *system* atau struktur guna untuk menggambarkan, merencanakan, dan menganalisis dengan tujuan untuk menghitung, dan memvisualisasikan bagaimana tangki tersebut bekerja sebelum dibangun secara nyata.

Perkembangan *Software* pemodelan sangat pesat seiring kebutuhan industri, konstruksi, dan riset dengan seiring majunya teknologi yang dimana dulunya dilakukan dengan gambar tangan dan perhitungan di kertas, sekarang sudah banyak *Software* canggih yang menggabungkan CAD (*Computer-Aided Design*), CAE (*Computer-Aided Engineering*), dan CAM (*Computer-Aided Manufacturing*).

Keunggulan *Software* pemodelan dari *Software CAD* lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat dilakukan *upgrade* menjadi bentuk 3D, selain itu pemakaiannya juga mudah karena memang dirancang khusus untuk pembuatan desain karena lebih cepat, akurat, fleksibel, hemat biaya, dan memungkinkan simulasi sebelum produk nyata dibuat.

2.4 Analisis Storage Tank Terhadap Hydrostatic Load

Analisis *hydrostatic load* pada tangki diperlukan untuk mengetahui kekuatan tangki saat diberikan beban hidrostatik. Beban hidrostatik adalah beban yang dikenakan keseluruhan pelat dinding dan pelat dasar tangki. Untuk mengetahui kekuatan tangki dapat dilakukan simulasi menggunakan *Software Ansys* dengan beban yang telah diinput dalam *Software* tersebut. Berikut adalah formula tekanan hidrostatik yang terpapar pada tangki :

$$H_{load} = \rho \times g \times H \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Utama

Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 1. Data desain

No	Data	Keterangan
1	Data Desain	
	Diameter	32.900 mm
	Height	14.100 mm
	Ukuran Pelat	1829 x 6096 mm
2	Material	ASTM A36
3	Capacity	10.000 kl
4	Maximum liquid level	13.650 mm
5	Corrosion Allowance	
	Shell	4 mm
	Bottom & Annular Bottom	8 mm
	Roof	2 mm
6	S_d (static design)	160 MPa
7	S_t (short term)	171 MPa

3.2 Hasil Perhitungan Minimum Thickness Shell

Perhitungan tebal *minimum thickness shell* menggunakan formula 1 dan 2 dengan menggunakan material ASTM A36 dengan lebar plat 1829 mm x 6096 mm. Berikut adalah perhitungan tebal *minimum* pada *course 1* :

$$\begin{aligned} H &= 14,1 \text{ m} \\ t_{d1} &= \frac{4.9 \cdot D (H-0,3)G}{S_d} + CA \\ &= \frac{4,9 \cdot 32,9 (14,1-0,3)0,84}{160 \text{ MPa}} + 4 \text{ mm} \\ &= 15,68 \text{ mm} \\ t_{t1} &= \frac{4.9 \cdot D (H-0,3)G}{S_t} \\ &= \frac{4,9 \cdot 32,9 (14,1-0,3)}{171 \text{ MPa}} \\ &= 13,01 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai *minimum wall thickness* yang digunakan adalah nilai yang terbesar. Dari hasil perhitungan di atas, nilai *minimum wall thickness* yang digunakan sebesar 15,68 mm. Tebal *minimum* pelat yang digunakan akan menyesuaikan dengan yang ada dipasaran. Di bawah ini merupakan tabel pada setiap *course*.

Tabel 2. Minimum wall thickness shell

Course	H (m)	t_d (mm)	t_t (mm)	$t_{API 650}$ (mm)	T aktual (mm)
1	14,100	15,68	13,01	15,68	16
2	12,271	14,13	11,28	14,13	15
3	10,442	12,58	9,56	12,58	14
4	8,613	11,03	7,83	11,03	12
5	6,784	9,48	6,11	9,48	10
6	4,955	7,94	4,38	7,94	8
7	3,126	6,39	2,66	6,39	8
8	1,297	4,84	0,93	6	6

3.3 Hasil Perhitungan Minimum Thickness Annular Bottom Plate

Ketebalan *minimum* pelat pada *annular bottom plate* ditentukan pada *standard API 650 thirteenth edition, 2020* Para 5.4.1 ditambah dengan *corrosion allowance*. Langkah awal yaitu mengetahui tebal pelat pada *shell course 1* yaitu :

$$t_d \text{ aktual} = 16 \text{ mm}$$

$$t_t \text{ aktual} = 14 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Product stress} &= \left(\frac{t_d - CA}{t_{corroded}} \right) \times S_d \\ &= \left(\frac{16 \text{ mm} - 8 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} \right) \times 160 \text{ MPa} \\ &= 160 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hydrostatic test} &= \left(\frac{t_t}{t_{nominal}} \right) \times S_t \\ &= \left(\frac{14 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} \right) \times 171 \text{ MPa} \\ &= 171 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai hasil *product stress* dan *hydrostatic stress*, maka diambil nilai *stress* tertinggi untuk menentukan ketebalan *annular bottom*, kemudian melihat Tabel 5.1a pada *standard API 650 thirteenth edition, 2020*.

Dari tabel tersebut *stress* yang terjadi pada *first shell course* $\leq 190 \text{ MPa}$ dan *plate thickness* sebesar 6 mm, maka didapatkan ketebalan *annular bottom plate* sebesar 6 mm. Selanjutnya hasil tersebut ditambahkan dengan *corrosion allowance*.

$$\begin{aligned} t_{\text{annular bottom}} &= 6 \text{ mm} + CA \\ &= 6 \text{ mm} + 8 \text{ mm} \\ &= 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.4 Hasil Perhitungan Minimum Thickness Bottom Plate

Ketebalan *minimum bottom plate* tidak boleh kurang dari 0,236 inch (6mm). Hal ini berdasarkan pada *standard API 650 thirteenth edition, 2020* Para 5.4.1 ketebalan minimal pada *bottom plate* adalah 6 mm. ditambahkan dengan *corrosion allowance*.

$$\begin{aligned} t_{\text{bottom plate}} &= 6 \text{ mm} + CA \\ &= 6 \text{ mm} + 8 \text{ mm} \\ &= 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.5 Hasil Perhitungan Minimum Thickness Roof

Ketebalan *minimum roof* berdasarkan *standard API 650 thirteenth edition, 2020* para 5.10.2.2 tidak boleh kurang dari 1/3 inch atau (5 mm) dan ditambah dengan *corrosion allowance*.

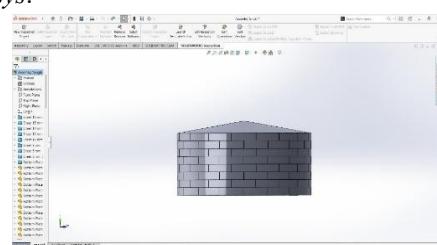
$$\begin{aligned} t_{\text{roof}} &= 5 \text{ mm} + CA \\ &= 5 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.6 Hasil Pemodelan Tangki Menggunakan Software Solidworks

Tahap setelah melakukan perhitungan *minimum wall thickness* pada bagian *shell*, *annular bottom plate*, *bottom plate* dan *roof* menggunakan metode *one foot method*, selanjutnya yaitu membuat pemodelan desain tangki menggunakan *Software Solidworks* untuk mengetahui hasil desainnya. Pemodelan tangki dengan *Software* sesuai dengan perhitungan manual yang telah dilakukan.

Di bawah ini merupakan hasil pemodelan desain tangki menggunakan *Software Solidworks*. pemodelan ini bertujuan untuk mempermudah *input geometry* pada *Software Ansys* sesuai dengan kondisi aktual dari perhitungan sebelumnya.

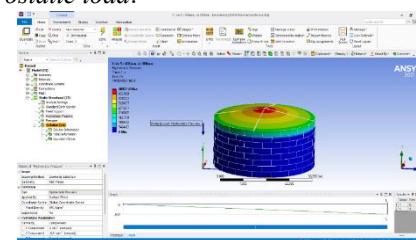
Setelah melakukan pemodelan desain tangki, selanjutnya dapat dilanjutkan ke tahap analisis kekuatan pada tangki menggunakan *Software Ansys*.



Gambar 1. Hasil pemodelan desain tangki

3.7 Hasil Analisis Storage Tank Terhadap Hydrostatic Load

Analisis *hydrostatic load* pada tangki diperlukan untuk mengetahui kekuatan tangki saat diberikan beban hidrostatis. Untuk mengetahui kekuatan tangki dapat dilakukan simulasi menggunakan *Software Ansys* dengan beban yang telah diinput pada *Software* sesuai dengan persamaan formula 4. Berikut adalah hasil analisis *hydrostatic load*.



Gambar 2. Hasil analisis hydrostatic load

4. KESIMPULAN

Hasil dari perhitungan *minimum wall thickness* pada *shell* dengan menggunakan metode *one foot method* didapatkan hasil tebal pelat aktual sebagai berikut :

*course 1 = 16 mm
course 2 = 15 mm
course 3 = 14 mm
course 4 = 12 mm
course 5 = 10 mm
course 6-7 = 8 mm
course 8 = 6 mm.*

Berdasarkan *standard API 650 thirteenth edition*, 2020 didapatkan juga nilai *minimum wall thickness* pada *annular bottom plate* = 14 mm, *bottom plate* = 14 mm dan *roof* = 7 mm.

Pemodelan desain menggunakan *Software Solidworks* terdapat beberapa desain pada bagian *storage tank* yaitu *shell*, *bottom plate*, *annular bottom plate* dan *roof*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penyusunan jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, motivasi dan dukungan dari berbagai pihak yang diberikan kepada penulis. Penulis menyampaikan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan semangat dukungan dan kasih sayang serta motivasi nasihat hidup bagi penulis.
2. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, S.T., M.T. sebagai Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Ekky Nur Budiyanto, S.ST., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Dicki Nizar Zulfika, S.ST., MT selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. Bapak Budi Prasojo, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan penelitian ini.
7. Ibu Dianita Wardani, S.Si., M.T. sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak saran, masukan, pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan penelitian ini.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Perpipaan yang sudah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama perkuliahan.
9. Teman-teman Teknik Perpipaan Angkatan 2021 yang selalu saling membantu bersama,

kekeluargaan, kebersamaan, dan canda tawa bersama penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan penelitian ini.

6. PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute 650, 2020, *Thirteenth Edition*
- [2] Pangestu, H. Y., Prasojo, B., & Eko Prayitno, M. M. (2017). Desain dan Pemodelan *Storage Tank* Kapasitas 40.000 KL Menggunakan *Software Integraph Tank*. *Proceeding 3rd Conference of PipingEngineering and its Application*.
- [3] Winarno, Atrasani B. (2017). Desain dan Pemodelan pada *Storage Tank* Kapasitas 50.000 kl (Studi Kasus PT. Pertamina Region V TBBM Tuban), Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [4] 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*, 69-78.
- [5] Mahardhika, P., & Ratnasari, A. (2018). Perancangan Tangki untuk Stainless Steel Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m3. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 3(1), 39–46.
- [6] Prabowo, R. R., Prasojo, B., & Wardani, D. (2022). Desain *Storage Tank* Kapasitas 450 KL Menggunakan *One Foot Method* dan Perhitungan Estimasi Biaya. *The 7th Proceeding of National Conference on Piping Engineering and its Application*, 58.
- [7] Amalia, Riza Rizqi. Prasojo, B., & Wismawati, Endah. (2023). Desain dan Analisis Kekuatan *Molasses Storage Tank* Kapasitas 10.000 Ton Terhadap *Wind Load*, *Hydrostatic Load* dan *Combination Load*. *The 8th Proceeding of National Conference on Piping Engineering and its Application*.