

# Design Spherical Storage Tank for Storage LPG on Project Tenau, Kupang

Muhammad Ali Reza<sup>1\*</sup>, Mohammad Miftachul Munir<sup>2</sup>, Mochammad Choirul Rizal<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1,2</sup>

Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [ali.reza@student.ppns.ac.id](mailto:ali.reza@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [m.munir@ppns.ac.id](mailto:m.munir@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [mc.rizal@ppns.ac.id](mailto:mc.rizal@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** – One of construction company at Gresik will build a tanks for LPG (Liquified Pressurized Gas) storage tank at Tenau, Kupang, Nusa Tenggara Timur. This project is to build spherical tank with pressure design 18 kg/cm<sup>2</sup> and temperature design 65°. The inside diameter is 12800 mm and vessel support designed using legs. This research is expected the spherical tank can be used at it's best performance as storage tank. The build of spherical tanks shall calculate the thickness, MAWP, MAEP, wind load, seismic load and also the support design. For the process the methode that will be used on this tanks design is theoretical calculation based on standard ASME sec VIII rules for construction pressure vessel, while to know the von mises stress will use finite element method simulated on ANSYS software. Based on the result the thickness of upper head and bottom head is 1,5625 inch and 1,6875 inch. Deflection cause of wind load is 0,00000753 inch and the moment at base cause of seismic load is 180124541,1 lb with the deflection on the support is 0,00107 inch. The highest stress value on head is 12145 psi with sizing mesh 5 inch.

**Keyword:** ANSYS, ASME code & standard, Design, Spherical tank, Support.

## Nomenclature

t	thickness [in]
P	Pressure [psi]
R	Jari-jari dalam bejana tekan [in]
S	Allowable stress [psi]
E	Modulus of elasticity [psi]
D	Diameter [in]
I	Importance factor
V	Wind velocity
M	Moment [lb.ft]
y	Defleksi [in]
w <sub>o</sub>	Berat bejana tekan kondisi penuh [lb]
L	Panjang brace [in]
T	Fundamental period [sec]
g	gravitasi [in/ sec <sup>2</sup> ]

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang *foundry*, manufaktur dan EPC (*Engineering Procurement Construction*) yang berada di Propinsi Jawa Timur mendapat proyek pembangunan terminal LPG *pressurized* yang berlokasi di Tenau, Kupang, Nusa Tenggara Timur. Di dalam proyek Terminal LPG *pressurized* ini bertujuan membangun 2 unit tanki bola (*spherical tank*) T-14A dan T-14B yang dirancang untuk menyimpan fluida berupa gas LPG dan tanki ini juga dirancang untuk mampu bertahan dalam kondisi operasi juga pada kondisi lingkungan di Tenau. Ada beberapa faktor yang dapat memengaruhi tanki bola (*spherical tank*) yang bersifat krusial seperti jenis material, MAWP (*maximum allowable working pressure*), *internal pressure*, yang disebabkan oleh tegangan

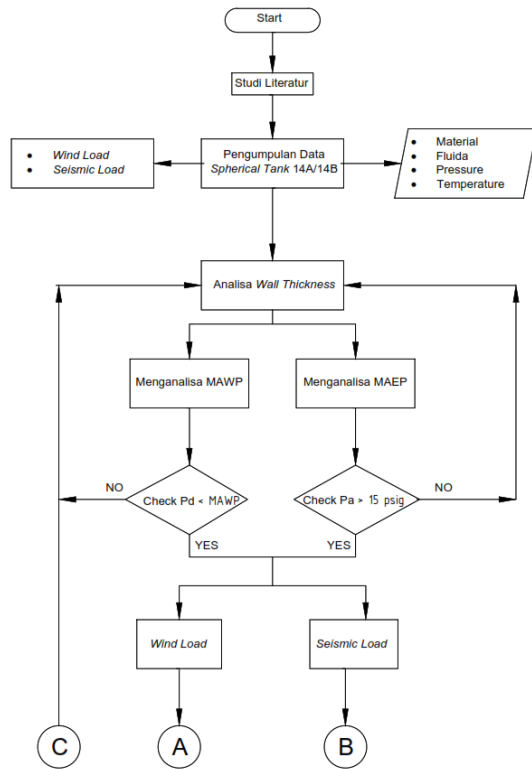
dari dalam tanki, *external pressure*, yang disebabkan oleh faktor-faktor dari luar tanki, pergerakan tanah (*seismic load*) dan *wind load*, stress pada support dan tegangan material.

Tanki bola atau *spherical tank* merupakan salah satu jenis *pressure vessel* yang berfungsi sebagai tanki penyimpanan dengan kapasitas yang besar. Tanki penyimpanan tidak hanya menjadi tempat penyimpanan untuk produk dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku [2]. *Spherical tank* yang akan digunakan di proyek Tenau, Kupang memiliki desain tekanan internal sebesar 18 kg/cm<sup>2</sup> dan 19,36 kg/cm<sup>2</sup> pada dasar tanki, temperatur desain 60 °C serta memiliki *inside diameter* (ID) sebesar 12.800 mm. Dengan temperatur, tekanan dan data dimensi tersebut, apabila tidak didesain dan diperhitungkan dengan benar maka temperatur dan tekanan yang berlebihan dapat menyebabkan suatu kegagalan pada *spherical tank*, dikarenakan juga dimensi ukuran yang sangat besar dari segi diameter. *Carbon steel* merupakan material yang sering digunakan pada tangka [3].

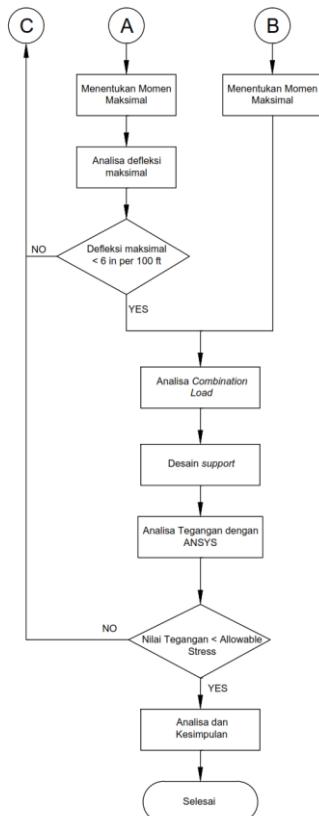
## 2. METODOLOGI

### 2.1. Metode Penelitian

Untuk diagram alir metodologi penelitian merancang *spherical storage tank*, dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram alir penelitian



Gambar 2 Diagram alir penelitian (Continued)

## 2.2. Perhitungan Ketebalan

Penentuan ketebalan *head* dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu berdasarkan dimensi dalam dan dimensi luar. Dapat dilihat pada

Persamaan 1 dan Persamaan 2, berturut-turut berdasar dimensi dalam dan dimensi luar [4].

$$t = \frac{P.R}{2S.E - 0.2P} \quad (1)$$

$$t = \frac{P.R}{2S.E + 0.8P} \quad (2)$$

## 2.3. Perhitungan MAWP

*Maximum allowable working pressure* (MAWP) adalah tekanan kerja maksimal yang diijinkan oleh suatu bejana tekan. MAWP bejana tekan merupakan tekanan maksimum internal atau eksternal yang dikombinasikan dengan beban-beban yang mungkin akan terjadi. Untuk menentukan MAWP pada *spherical head* dapat menggunakan Persamaan 3 berikut ini [4].

$$P = \frac{S.E.t}{R - 0.2t} \quad (3)$$

## 2.4. Perhitungan MAEP

*Maximum allowable external pressure* (MAEP) menunjukkan seberapa kuat *vessel* mampu menahan tekanan dari luar pada kondisi vakum setelah pemilihan tebal *vessel*. Apabila hasil MAEP lebih dari 15 psi atau menggunakan besaran yang sudah ditentukan berarti dengan ketebalan yang sudah dipilih tersebut *vessel* tidak akan *buckling* Ketika dalam kondisi vakum [4].

## 2.5. Perhitungan Wind Load

Perancangan bejana tekan terhadap beban angin mengacu pada *standard* ASCE 7-10. Terdapat beberapa hal yang harus diperhitungkan antara lain *wind force*, *shear*, *moment* [1].

## 2.6. Perhitungan Seismic Load

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan beban gempa merupakan salah satu parameter beban paling menentukan. Secara nyata hal ini dapat dilihat dari banyaknya kerusakan dan kegagalan bangunan yang disebabkan bencana gempa bumi. Dalam perhitungan *seismic load* ini didapatkan defleksi yang terjadi pada *leg support spherical tank* dan *fundamental period*. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 4 dan Persamaan 5 [5].

$$y = \frac{W_0 \times L \times \sin^2 \theta}{6EA} \quad (4)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{y}{g}} \quad (5)$$

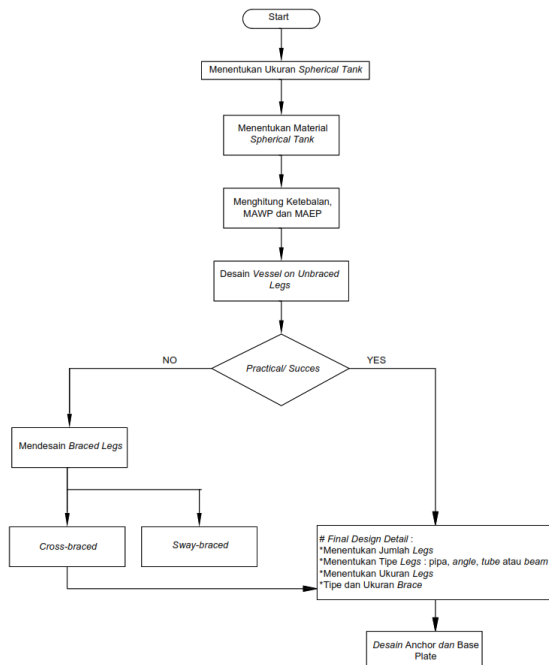
## 2.7. Finite Element dengan Software ANSYS

FEM adalah suatu metoda yang secara keseluruhan didasari pada pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Dalam metoda ini, struktur akan dianalisa, didiskritisasi menjadi elemen-elemen yang kecil yang satu sama lainnya dihubungkan dengan titik nodal. Elemen hingga tersebut yang pada umumnya berbentuk sederhana dibandingkan struktur sebenarnya dan mempunyai ukuran yang berhingga, harus mewakili sifat-sifat dari struktur sebenarnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Tahap-tahap Mendesain Spherical Storage Tank

Terdapat beberapa tahap dalam mendesain *spherical storage tank* yang dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Tahap Mendesain Spherical Storage Tank

Tahap awal dalam mendesain *spherical storage tank* ialah menentukan ukuran dari tangki. Kemudian menentukan material yang akan digunakan pada *spherical storage tank*. Berikutnya melakukan perhitungan terhadap ketebalan head, MAEP (*Maximum Allowable Working Pressure*), MAEP (*Maximum Allowable External Pressure*) yang kemudian akan dibandingkan dengan kriteria penerimaan. Kemudian melakukan perhitungan terhadap *support* yang akan digunakan pada *spherical storage tank* dan mendesain *anchor* dan *base plate*.

#### 3.2. Hasil Perhitungan Ketebalan Head

Terdapat 2 bagian yang akan dihitung ketebalannya yakni, *head* atas dan *head* bawah pada *vessel*. Perhitungan ketebalan *head* dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

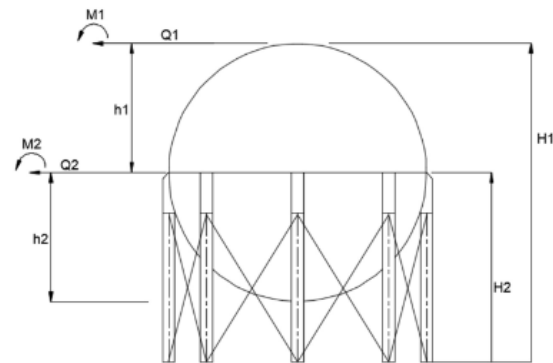
Tabel 1 Ketebalan Head

	Required thickness [inch]
Head atas	1,5626
Head bawah	1,6875

#### 3.3. Wind Load

Untuk perhitungan *vessel* vertical biasanya terdapat beberapa segmen. Dalam perhitungan *wind load* bejana tekan vertikal terdapat beberapa perhitungan antara lain *wind force*, *shear* dan

*moment*. Dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut



Gambar 4 Ilustrasi Segmen Wind Load pada Spherical Tank

Hasil perhitungan *wind load* dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Perhitungan Wind Load

	F [lb]	Q [lb]	M [lb.ft]
1	162,26	162,26	3407,46
2	147,24	324,52	11926,11

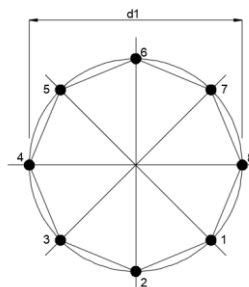
Total *overturning moment* yang terjadi pada *spherical tank* sebesar 12952,44 lb.ft. Vertikal *vessel* harus didesain untuk mengalami defleksi tidak lebih dari 6 inch per 100 ft ketinggian.

#### 3.4. Seismic Load

Dalam perhitungan *seismic load* dibutuhkan data-data sebagai berikut :

- Risk category : III
- I : 1,25

Selain itu ada beberapa data untuk perhitungan gempa yang dapat diakses melalui website [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011) , yaitu nilai  $S_s = 1.081$ ,  $S_1 = 0.291$ ,  $F_a = 1$ , dan  $F_v = 1$ . Kemudian keempat nilai tersebut digunakan untuk menghitung  $S_{MS}$ ,  $S_{M1}$ ,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  yang berturut-turut 1.081, 0.291, 0.721 dan 0.194. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan kategori desain *seismic* D. Kemudian didapatkan nilai defleksi dan *fundamental period* sebesar 0,00107 inch dan 0,0105 sec. Didapatkan nilai  $C_s$  dan  $V$  sebesar 0,300278 dan 486717,8 lb.



Gambar 5 Ilustrasi Letak Leg Support

Gambar 5 di atas merupakan ilustrasi dari penomoran dan letak *leg support*. Berdasarkan data diatas akan digunakan untuk menentukan besar

horizontal load, overturning moment dan vertical load yang terjadi pada setiap leg support. Vertical load sendiri terdiri dari axial load on leg due to dead weight, axial load on leg due to overturning moment dan combination load. Pada Tabel 3 berikut ini merupakan perhitungan horizontal load.

Tabel 3 Horizontal Load

No.	V (lb)	V <sub>n</sub> (lb)
1	486717,8	30419,87
2	486717,8	91259,60
3	486717,8	91259,60
4	486717,8	30419,87
5	486717,8	30419,87
6	486717,8	91259,60
7	486717,8	91259,60
8	486717,8	30419,87

Tabel 4 berikut ini merupakan perhitungan vertical load. Berdasarkan Tabel 4 didapatkan nilai axial load due to dead weight, axial load due to overturning moment at base dan combination load terbesar berturut-turut 225137,6 lb, 193219,6 lb dan 403644,8 lb. Didapatkan nilai overturning moment base sebesar

$$M_b = L \cdot F_H$$

$$M_b = 370,08 \text{ inch} \cdot 486717,8 \text{ lb}$$

$$M_b = 180124541,1 \text{ in.lb}$$

$$M_b = 15010378,43 \text{ ft.lb}$$

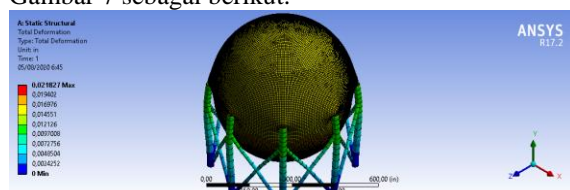
Acceptance criteria untuk momen pada base tidak boleh kurang dari 80% base shear  
 $M_b \geq 80\% V$   
 $15010378,43 \text{ ft. lb} \geq 389374,24 \text{ lb}$

Tabel 4 Vertical Load

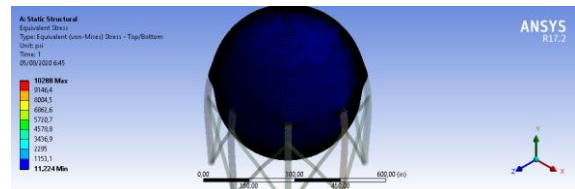
No.	F <sub>D</sub> (lb)	F <sub>L</sub> (lb)	F <sub>n</sub> (lb)
1	225137,6	193210,6	403644,8
2	225137,6	193210,6	299079,8
3	225137,6	193210,6	151195,9
4	225137,6	193210,6	403644,8
5	225137,6	193210,6	403644,8
6	225137,6	193210,6	151195,9
7	225137,6	193210,6	299079,8
8	225137,6	193210,6	403644,8

### 3.5. Finite Element dengan Software ANSYS

Dalam tahap analisis finite element dengan menggunakan software ANSYS ini terdapat 2 buah output yang didapatkan, yakni hasil simulasi defleksi dan tegangan (von mises). Hasil simulasi kedua output tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 6 Hasil Simulasi Defleksi



Gambar 7 Hasil Simulasi Tegangan

Didapatkan hasil analisa stress tertinggi finite element dengan menggunakan software ANSYS sebesar 12145 psi. Nilai stress tersebut masih memenuhi kriteria penerimaan karena masih di bawah nilai allowable stress material sebesar 22900 psi.

## 4. KESIMPULAN

Didapatkan desain spherical storage tank dengan diameter dalam 12800 mm, material pada head dan support menggunakan SA 537 Class 2 dan Nozzle menggunakan SA 105. Didapatkan hasil perhitungan ketebalan head manual sebesar 1,5625 inch dan 1,6875 inch juga nilai MAWP dan MAEP yang sesuai dengan kriteria penerimaan. Kemudian untuk perhitungan seismic load didapatkan nilai momen pada base lebih besar dari 80% base shear 180124541,1 in.lb  $\geq$  389374,24 lb. Didapatkan nilai defleksi sebesar 0,00107 inch pada support. Kemudian dari hasil simulasi dengan menggunakan software ANSYS didapatkan nilai tegangan terbesar bernilai 12145 psi. Pada hasil simulasi tegangan, tegangan tidak melebihi allowable stress material sebesar 22900 psi. Dari hasil tersebut spherical tank ini dapat dinyatakan aman.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASCE. (2010). *ASCE 7 : Minimum Design Loads of Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineering, Washington.
- [2] Mahardhika, P., & Ratnasari, A. (2018). *Perancangan Tangki Stainless Steel untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni*. Sukabumi : Vol 3 No 1 (2018) : Jurnal Teknologi Rekayasa.
- [3] 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*. Cite as: AIP Conferences Proceedings 2202.
- [4] Megyessy, E. F. (2001). *Pressure Vessel Handbook 12th edition*. Oklahoma: Pressure Vessel Publishing Inc.
- [5] Moss, D. (2004). *Pressure Vessel Design Manual*. New York: Gulf Professional Publishing.