

DESAIN DAN PEMODELAN *STORAGE TANK* KAPASITAS 40.000 KL MENGGUNAKAN SOFTWARE *INTEGRAPH TANK*

Haris Yoga Pangestu^{1*}, Budi Prasajo², Muhamad Muhadi Eko Prayitno³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*, 2}

Program studi D-IV Teknik Manajemen Bismis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: harisyogap@gmail.com^{1*}; Budiprasajo1968@gmail.com^{2*}; mmekop@yahoo.com^{3*};

Abstract - *Storage tank is one important component in the petroleum industry which acts as one of a component to make the fuel storage process of the oil run well before being distributed. The distribution area is wide it needs to perform an anticipation to prevent running out of fuel oil stock. To prevent the out of stock of fuel oil, then it is necessary to add a new storage tank. The standards used for this tank design are the API 650, 2016, Twelfth Edition, Addendum 2. Calculation methods for plate thickness using one foot method include shell, bottom plate, annular bottom plate and roof. Standard used for the fire prevention system is the NFPA 11 and 15. For cathodic protection using the NACE standard. From the result of this study, its obtained minimum thickness shell result of the shell plate, bottom plate, annular bottom plate and roof plate. Stability of the tank is resulted in a stable tank without the need for anchorage. The cathodic protection in the tank using the SACP method with a magnesium anode. Find out the foam, water and cooling requirement for fire prevention on the tank. Find out the cost of construction for the tank.*

Keyword: *API 650, Annular bottom, Integraph TANK, Roof, Shell, Tank.*

Nomenclature

t_d	ketebalan pelat <i>shell</i> desain
t_t	ketebalan pelat <i>shell</i> hydrostatic test
V_f	faktor kecepatan
P_{ws}	tekanan angin pada <i>shell</i>
P_{wr}	tekanan angin pada <i>roof</i>
F_{shell}	beban angin pada <i>shell</i>
F_{roof}	beban angin pada <i>roof</i>
M_{rw}	total momen guling yang diterima pada dinding tangki
N_{min}	Jumlah anoda minimum

1. PENDAHULUAN

Tangki (*storage tank*) merupakan salah satu komponen yang penting dalam industri perminyakan sebagai kelancaran proses penyimpanan bahan bakar minyak sebelum didistribusikan. Area pendistribusian yang cukup luas sehingga perlunya antisipasi untuk mencegah terjadinya kehabisan *stock* bahan bakar minyak. Untuk mencegah terjadinya kehabisan *stock* bahan bakar minyak, maka perlu penambahan sebuah tangki baru. Pada saat akan mendesain sebuah tangki, banyak hal yang harus diperhatikan untuk menghindari kegagalan dalam desain.

Pada perusahaan perminyakan yang beroperasi menampung dan mendistribusi bahan bakar minyak (BBM) memiliki area pendistribusian yang cukup luas dan kebutuhan

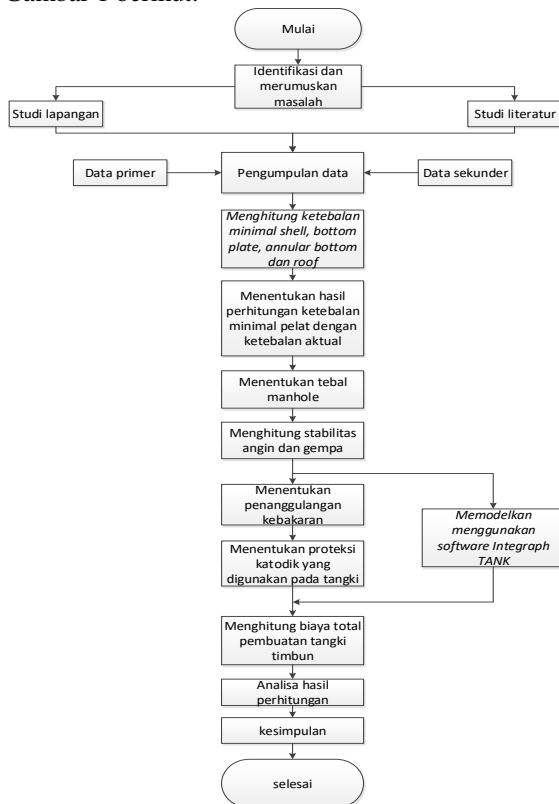
produksi BBM cukup besar maka untuk mengantisipasi kehabisan *stock* BBM diperlukan kapasitas daya tampung yang lebih besar sehingga dibutuhkan sebuah tangki penyimpanan baru. Untuk mengurangi terjadinya *defect*, perlunya sebuah perancangan desain dan pemodelan sebuah tangki agar hasil tangki yang dibangun dapat digunakan dengan tepat dan memperkecil kemungkinan terjadinya kegagalan desain.

Dari masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendesain sebuah tangki dengan menghitung ketebalan minimal pelat pada *shell plate*, *bottom plate*, *annular bottom plate* dan *roof* menggunakan metode perhitungan *one foot method*. Ketebalan aktual plat yang digunakan harus lebih besar atau sama dengan dari persyaratan ketebalan minimum API 650 agar tangki aman dari tegangan yang diakibatkan oleh beban statis, tegangan *circumferensial*, dan tegangan longitudinal [1]. Selanjutnya menghitung stabilitas tangki terhadap beban angin dan beban gempa. Menentukan proteksi katodik yang digunakan pada tangki serta penanggulangan kebakaran pada tangki tersebut. Menghitung biaya total pembangunan pada tangki agar mengetahui biaya pembangunan yang efisien. Penelitian tentang desain dan pemodelan tangki menggunakan *software* AMETANK pernah dilakukan oleh Atrasani [2].

2. METODOLOGI .

2.1 Diagram Alir

Penelitian ini berupa desain dan perancangan tangki timbun kapasitas 40.000 kL. Desain dan perancangan tersebut menggunakan standart API 650 adendum 2, Januari 2016 yang meliputi pemilihan material, menentukan jumlah *course*, perhitungan *shell*, *roof bottom plate* dan *annular bottom* menggunakan metode perhitungan *One Foot Method*, perhitungan stabilitas terhadap angin dan gempa, penentuan proteksi katodik, penanggulangan kebakaran, perhitungan *Bill of quantity* dan dilakukan pemodelan menggunakan *Software Integraph TANK*. Diagram alir pada penelitian ini seperti Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Diagram Alir

2.2 Formula Perhitungan

1. Tebal pelat

Perhitungan ketebalan minimal pelat pada *shell* seperti persamaan berikut [3] :

1. Minimum thickness

$$t_d = \frac{4,9.D(H-0,3)G}{S_d} + CA \quad (1)$$

$$t_t = \frac{4,9.D(H-0,3)}{S_t} \quad (2)$$

Dimana,

t_d = ketebalan pelat *shell* desain, mm

t_t = ketebalan pelat *shell hydrostatic test*, mm

H = tinggi tangki, m

G = *spesific gravity liquid*

S_d = allowable stress design, MPa

S_t = allowable stress *hydrostatic test*, MPa

CA = *corrosion allowance* , mm

Untuk minimal ketebalan pelat pada *bottom plate* mengacu standart API 650 para 5.4 yaitu 6 mm lalu ditambahkan dengan CA seperti pada persamaan berikut :

$$t_{bottom} = 6\text{mm} + CA \quad (3)$$

Dimana,

CA = *corrosion allowance* , dalam mm

Perhitungan ketebalan minimal pada *annular bottom plate* dengan menghitung *Produk stress* dan *Hydrostatic test* pada *course 1*, selanjutnya melihat standart API 650 table 5.1a sebagai berikut [3] :

$$\text{Produk stress} = (t_d - CA / \text{corroded } t) \times S_d \quad (4)$$

$$\text{Hydrostatic test} = (t_t / \text{Nominal } t) \times S_t \quad (5)$$

Dimana,

t_d = ketebalan pelat *shell* desain, dalam mm

t_t = ketebalan pelat *shell hydrostatic test*, dalam mm

S_d = allowable stress design, dalam MPa

S_t = allowable stress *hydrostatic test*, dalam MPa

CA = *corrosion allowance* , dalam mm

corroded t = API 650 figure 5.1a point (a)

Nominal t = API 650 figure 5.1a point (a)

Perhitungan ketebalan minimal pelat pada *roof* yang akan dipasang tidak boleh kurang dari 3/16 inch atau 5 mm berdasarkan pada API 650 para 5.10.2.2 lalu ditambahkan *corrosion allowance* (CA) seperti pada persamaan berikut [3]:

$$t_{roof} = 5 \text{ mm} + CA \quad (6)$$

Dimana,

CA = *corrosion allowance* , dalam mm

2. Beban angin

Menurut API std 650 para 6.5.1 point (k) dijelaskan perhitungan beban angin pada desain menggunakan kecepatan angin pada area tersebut. Tekanan desain angin pada *shell* seharusnya $0,86 \text{ kPa} \left(\frac{V}{190}\right)^2, \left(\left[\frac{18 \text{ lbf}}{\text{ft}^2}\right] \left[\frac{V}{120}\right]^2\right)$ pada daerah proyeksi vertikal permukaan silinder dan tekanan desain angin pada *roof* seharusnya $1,44 \text{ kPa} \left(\frac{V}{190}\right)^2, \left(\left[\frac{30 \text{ lbf}}{\text{ft}^2}\right] \left[\frac{V}{120}\right]^2\right)$ pada daerah proyeksi horizontal permukaan atap. Tekanan desain angin tersebut sesuai dengan ASCE 7-05 untuk paparan angin kategori C. Untuk menentukan kriteria pada tangki sesuai dengan persamaan berikut :

$$1. 0,6M_w + M_{pi} < M_{DL}/1,5 + M_{DLR} \quad (7)$$

$$2. M_w + F_p(M_{pi}) < (M_{DL} + M_F)/2 + M_{DLR} \quad (8)$$

$$3. M_{ws} + F_p(M_{pi}) < M_{DL}/1,5 + M_{DLR} \quad (9)$$

Dimana,

M_w = *overtuning moment* sambungan *shell-to-bottom* dari horizontal plus vertikal *wind pressure*

M_{pi} = moment sambungan *shell-to-bottom* dari *design internal pressure*

M_{DL} = moment sambungan *shell-to-bottom* dari

nominal weight of shell

M_{DLR} = moment sambungan shell-to-bottom dari nominal weight of roof plate

F_p = pressure combination factor

M_F = moment sambungan shell-to-bottom dari liquid weight

weight

M_{ws} = overtuning moment sambungan shell-to-bottom dari horizontal wind pressure

3. Beban gempa

Momen guling (Overtuning moment) menurut API 650 E.6.1.5 didapatkan dari gaya-gaya seperti pada persamaan berikut [2] :

$$M_{RW} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2} \quad (10)$$

Dimana,

M_{RW} = total momen guling yang diterima pada dinding tangki, Nm (ft-lb)

A_i = koefisien percepatan spektrum respon impulsif, %g

W_i = bagian impulsif efektif dari berat cairan, N (lbf)

X_i = ketinggian dari bagian bawah shell tangki ke

pusat aksi gaya seismik lateral yang terkait dengan kekuatan cairan impulsif, m (ft)

W_s = total berat pada tangki, N (lbf)

X_s = ketinggian dari bagian bawah tangki ke pusat

gravitasi shell, m (ft)

W_r = berat total dinding tangki (ft)

X_r = tinggi dari bawah tangki ke atap dan pusat gravitasi roof appurtenances, m (ft)

A_c = koefisien percepatan respon spektrum respon konvektif, %g

W_c = berat efektif isi tangki yang dapat tumpah dari

dinding, N (lbf)

X_c = tinggi dari bawah tangki ke pusat aksi gaya

seismik lateral, m (ft)

4. Proteksi katodik

Perhitungan jumlah minimum anoda

$$N_{min} = \frac{l_t}{I_o} \quad (11)$$

Dimana :

N_{min} = Jumlah anoda minimum (kg)

l_t = Kebutuhan arus proteksi (A)

I_o = Arus anoda (A)

5. Penanggulangan kebakaran

Perhitungan foam solution untuk tangki seperti berikut [4] :

$$V_{foam} = LP_{tangki} \times foam \text{ min.} AR \times \text{min.} disc \text{ time} \times foam \quad (12)$$

Dimana,

L.Permukaan tangki = $(\pi \times D^2) / 4$

foam min application rate = 6,5 L/min-m²

min.disc time= 65 menit

Foam concentrate = 0.03

Perhitungan air untuk pembentukan foam solution seperti berikut [4]:

$$V_{water} = LP_{tangki} \times foam \text{ min.} AR \times \text{min.} disc \text{ time} \times water \quad (13)$$

Dimana,

L.Permukaan tangki = $(\pi \times D^2) / 4$

water min application rate = 6,5 L/min-m²

min.disc time= 65 menit

Water concentrate = 0.97

Perhitungan kebutuhan untuk cooling seperti berikut [5] :

$$Q_{cooling} = L.Permukaan \text{ tangki} \times application \text{ rate} \quad (14)$$

Dimana,

L.Permukaan tangki = $(\pi \times D^2) / 4$

AR= 12,2 (L/min) /m²

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 : Data Utama Tangki

No	Data	Keterangan
1	Tank Size :	
	Inside diameter	= 50 m
	Height	= 22,553 m
	Jumlahcourse	= 10
	Ukuranpelatcourse 1-7	= 6096x2438 mm
	Ukuranpelatcourse 8-10	= 6096x1829 mm
2	Material	=Plate-A36
3	Corrosion allowance	= 2 mm
4	Tank volume	= 40.000 kL
5	S _d	= 160 MPa
6	S _t	= 171 MPa
7	Density pertamax	= 724 kg/m ³
8	Data angin	= 26 kh/hr

1. Hasil perhitungan minimum thickness

Tabel 2 : Hasil Perhitungan minimal thickness shell

Perhitungan Course	t_d	t_t	t_{650}	Tebal pelat aktual
1	26,68	31,89	31,89	32
2	23,98	28,40	28,40	30
3	21,27	24,91	24,91	25
4	18,57	21,41	21,41	22
5	15,87	17,92	17,92	18
6	13,16	14,43	14,43	15
7	10,46	10,93	10,93	12
8	8,43	8,31	8,31	9
9	6,41	5,69	8	8
10	4,38	3,07	8	8

b. t_{bottom} = 8 mm

c. $t_{annular \text{ bottom}}$ = 8 mm

d. t_{roof} = 7 mm

Dari hasil perhitungan tersebut, ketebalan pelat pada roof disesuaikan pada tebal dilapangan maka menjadi 8 mm.

2. Hasil perhitungan beban angin

Untuk menentukan kriteria tangki dengan persamaan sebagai berikut :

1. $0,6M_w + M_{pi} < M_{DL}/1,5 + M_{DLR}$
 $0,6 \times 81592,5024 + 0 < 10.597.200.000/1,5 + 1.0597.178.189$
 $48.951,427 < 5.231.661.839$
2. $M_w + F_p(M_{pi}) < (M_{DL} + M_F)/2 + M_{DLR}$
 $81.592.502,4 + 0,4(0) < (1.0597.178.189 + 141885456,3)/2 + 1.0597.178.189$
 $81585,712 < 5.176.761.478$
3. $M_{ws} + F_p(M_{pi}) < M_{DL}/1,5 + M_{DLR}$
 $10942,5024 + 0,4(0) < 1.0597.178.189/1,5 + 1,25941 \times 10^{11}$
 $10.935,712 < 5.231.661.839$

Dari perbandingan diatas dapat disimpulkan kriteria tangki stabil tanpa menggunakan *anchor* (baut)

3. Hasil perhitungan beban gempa

Perhitungan beban gempa terhadap tangki yaitu menentukan nilai *overtuning moment* yang dilanjutkan menentukan *anchorage ratio* pada tangki tersebut.

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2}$$

$$= 33.491.683 \text{ N.m}$$

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2[W_t(1-0.4A_p) + W_a - 0.4W_{int}]}$$

$$= 0,00506901$$

Dari hasil perhitungan *anchorage ratio criteria* lebih kecil dari 0,785 ($0,005 \leq 0,785$) maka tangki stabil tidak membutuhkan *anchorage*.

4. Hasil perhitungan proteksi katodik

Tabel 3: Cathodic Protection Anode

Parameter	Kondisi/Kriteria
Jenis anoda	Magnesium
Rapat arus proteksi	20 mA/m ²
Coating breakdown	10 %
Tegangan anoda	0,95 Volt
Design time	20 tahun
Resivitas tanah	5000 Ω.cm
Safety factor	10 %
Diameter anoda	25 cm
Panjang anoda	75 cm

5. Hasil perhitungan penanggulangan kebakaran

Tabel 4: Data penanggulangan kebakaran

No	Data	Keterangan
1	Foam min application rate	6,5 L/min-m ² (NFPA 11)
2	Min.disc time	65 menit (NFPA 11)
3	Foam concentrate	0.03
4	Water min application rate	6,5 L/min-m ² (NFPA 11)
5	Min.disc time	65 menit (NFPA 11)
6	Water concentrate	0.97
7	Cooling min application rate	12,2 (L/min) /m ²

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan maka dapat disimpulkan :

1. Perhitungan tebal minimal pelat pada *shell* menggunakan metode *one foot method* didapatkan hasil sebagai berikut : *Course 1* = 32 mm, *Course 2* = 30 mm, *Course 3* = 25 mm, *Course 4* = 22 mm, *Course 5* = 18 mm, *Course 6* = 15 mm, *Course 7* = 12 mm, *Course 8* = 9 mm, *Course 9* = 8 mm, *Course 10* = 8 mm. Untuk ketebalan minimal pelat pada *bottomplate* = 8 mm, *annular plate* = 8 mm dan *roof* = 8 mm.
2. Dari hasil perhitungan stabilitas tangki terhadap angin, kriteria tangki stabil tanpa membutuhkan *anchorage* ($48.951,427 \text{ N.m} < 5.231.661.839 \text{ N.m}$). Hasil perhitungan *overtuning moment*, *anchorage ratio criteria* lebih kecil dari 0,785 ($0,005 \leq 0,785$) maka tangki stabil tidak membutuhkan *anchorage*.
3. Perhitungan proteksi katodik menggunakan metode SACP (*sacrificial anode cathodic protection*) dengan anoda magnesium sebanyak 66 anoda.
4. Kebutuhan *foam* untuk penanggulangan kebakaran sebesar 24.887,23 liter/menit, kebutuhan *water* untuk penanggulangan kebakaran sebesar 804.691,4 liter/menit sedangkan kebutuhan untuk *cooling* pada tangki sebesar 23.954,7 liter/menit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Budi Prasajo S.T., MT.
2. Ir. MM.Eko Prayitno, M.MT.

6. PUSTAKA

- [1] Mahardhika, P., Ratnasari, A, 2018, Perancangan Tangki Stainless Steel Untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m³, JTERA-Jurnal Teknologi Rekayasa, vol 3, no 1, pp. 39-46.
- [2] Winarno, Atrasani Bananudin, 2017, *Desain dan Pemodelan pada Storage Tank Kapasitas 50.000 kL (Studi Kasus PT.Pertamina Region V TBBM Tuban)*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [3] *American Petroleum Institute 650, 2016, Twelfth Edision, Addendum 2*
- [4] NFPA 11, 2002, *Standard for Low Medium and High Expansion foam*
- [5] NFPA 15, 2007, *Standard for Water Spray Fix System for Fire Protection*