

Perancangan Proteksi Katodik Desain *Hot Vacuum Residue Tank*

Kholifah Turohmah^{1*}, Budi Prasajo², Ika Erawati³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}

Email: kholifahurohmah@student.ppnns.co.id^{1*}; budiprasajo1968@gmail.com^{2*}; ika.iqer@gmail.com^{3*};

Abstract - Storage tank is one of the important components in the petroleum industry that serves as a container to accommodate raw materials or finished products. Due to the expansion of oil refineries which can be increased into 100.000 barrels per day, many additional equipment including storage tanks are provided. The design of this tank construction refers to the API 650 12th edition standard, addendum 2, 2016. The method used for calculating the plate thickness is one foot method includes the shell, bottom plate, annular bottom plate, and the roof. While for the cathodic protection, NACE standard is used. From the calculations, it is found that the minimum thickness of plates on the shell course is 1-9 = 28 mm, 24 mm, 22 mm, 19 mm, 16 mm, 12.7 mm, 10 mm, 8 mm, 8 mm, bottom plate = 9 mm, annular bottom plate = 12 mm and roof = 8 mm. Also based on the calculation, an anchor is unneeded for the tank. While for the cathodic protection, the result is taken from the comparison of ICCP and SACP method.

Keyword: ICCP, plate thickness, residue tank, SACP, storage tank

Nomenclature

t_a	tebal pelat <i>shell</i> desain (mm)
t_t	tebal pelat <i>shell hydrostatic test</i> (mm)
S_d	allowable stress design (MPa)
S_t	allowable stress hydrostatic test (MPa)
M_w	overtuning moment sambungan <i>shell-to-bottom</i> dari <i>horizontal</i> ditambah vertikal wind pressure (N.m)
M_{pi}	moment sambungan <i>shell-to-bottom</i> dari design internal pressure (N.m)
M_{DL}	moment sambungan <i>shell-to-bottom</i> dari weight of <i>shell</i> (N.m)
M_{DLR}	moment sambungan <i>shell-to-bottom</i> dari weight of <i>roof plate</i> (N.m)
M_f	moment sambungan <i>shell-to-bottom</i> dari liquid weight (N.m)
M_{ws}	overtuning moment sambungan <i>shell-to-bottom</i> dari <i>horizontal wind pressure</i> (N.m)
N_{min}	jumlah anoda minimum
I_t	arus proteksi (A)
I_o	arus keluaran anoda (A)
SF_2	safety factor diijinkan pada <i>rectifier</i> (%)
B_{emf}	tegangan balik (V)

1. PENDAHULUAN

Tangki merupakan salah satu komponen penting dalam industri perminyakan yang mana berfungsi sebagai wadah untuk menampung produk jadi maupun bahan mentah. Dalam dunia industri terdapat bermacam-macam jenis, bentuk, dan ukuran tangki sesuai dengan kegunaan dan jenis fluida yang mampu ditampung di dalam tangki tersebut [1].

Sebuah perusahaan yang bergerak pada bidang EPC sedang dalam pengerjaan proyek revitalisasi kilang minyak. Oleh karena itu, dibutuhkan penambahan beberapa *equipment* untuk peningkatan proses produksi dan pendistribusian

bahan bakar minyak (BBM). Salah satu *equipment* yang ditambahkan adalah *storage tank*. Dari masalah tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendesain sebuah *storage tank* dengan menghitung tebal minimal pelat pada *shell*, *bottom plate*, *annular bottom plate* dan *roof* menggunakan metode *one foot method*. Tebal pelat aktual yang digunakan harus lebih besar atau minimal sama dengan persyaratan ketebalan minimal API 650 agar tangki aman dari tegangan yang diakibatkan oleh beban statis, tegangan *circumferential*, dan tegangan longitudinal [2].

Selanjutnya menghitung stabilitas tangki terhadap beban angin. Menganalisa secara teknis dan ekonomis antara proteksi *sacrificial anode* dengan *impressed current*. Penelitian tentang desain dan pemodelan tangki menggunakan *Intergraph Tank* pernah dilakukan oleh Haris Yoga [3]. Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan teknis dan ekonomis metode SACP dan ICCP, untuk menganalisa perlindungan katodik yang tepat untuk proteksi tangki [4].

2. METODOLOGI

2.1 Bentuk Penelitian

Penelitian ini berupa perancangan desain dan analisa perlindungan katodik untuk melindungi *residue storage tank* dari bahaya korosi. Desain dan perancangan tersebut mengacu pada standar API 650 12th edition, addendum 2, 2016 yang meliputi pemilihan material, penentuan jumlah *course*, perhitungan tebal minimal pelat pada *shell*, *bottom plate*, *annular bottom* dan *roof* menggunakan metode *one foot method*, perhitungan stabilitas tangki terhadap angin, perhitungan *bill of quantity*, menentukan biaya total pembangunan tangki beserta perlindungan katodiknya.

2.2 Formula Perhitungan

1. Tebal pelat

Perhitungan tebal minimal pelat pada *shell* menggunakan persamaan berikut [5]:

$$t_d = \frac{2.6 D (H-1)G}{S_d} + CA \quad (1)$$

$$t_t = \frac{2.6 D (H-1)}{S_t} \quad (2)$$

Untuk tebal minimal pelat pada *bottom plate* mengacu pada *standard API 650* para 5.4 yaitu 6mm lalu ditambahkan dengan CA menggunakan persamaan berikut [5]:

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

Perhitungan tebal *annular bottom plate* melihat pada *API 650 table 5.1a* dengan menghitung *product stress* dan *hydrostatic test* menggunakan persamaan berikut [5]:

$$\text{Product stress} = (t_d - CA / t_{\text{corroded}}) \cdot S_d \quad (4)$$

$$\text{Hydrostatic test} = (t_t / t_{\text{nominal}}) \cdot S_t \quad (5)$$

Perhitungan ketebalan minimal pelat pada *roof* yang akan dipasang tidak boleh kurang dari 3/16inch atau 5 mm berdasarkan pada *API 650* para 5.10.2.2 ditambah dengan CA menggunakan persamaan berikut [5]:

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

2. Beban Angin

Menurut standar *API 650* para 5.2.1 point (k) telah menjelaskan perhitungan beban angin pada desain tangki yang menggunakan kecepatan angin di area yang akan dibangun tangki tersebut. Tekanan desain angin di *shell* (P_{ws}) 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 atap tangki. Tekanan desain angin tersebut telah sesuai dengan *ASCE 7-05* untuk paparan angin kategori C. Untuk menentukan kriteria tangki sesuai dengan menggunakan persamaan berikut [5]:

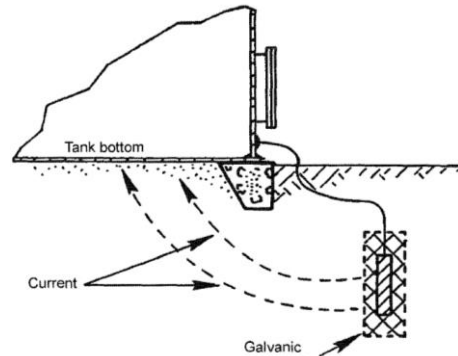
$$1. 0,6 M_w + M_{pi} < M_{DL}/1,5 + M_{DLR} \quad (7)$$

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

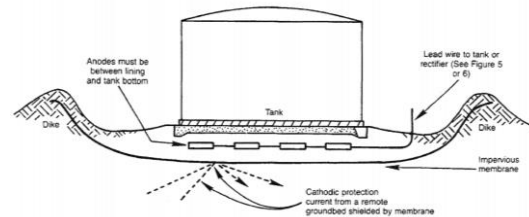
$$3. M_{ws} + F_p (M_{pi}) < \frac{(M_{DL} + M_F)}{2} + M_{DLR} \quad (9)$$

3. Proteksi Katodik

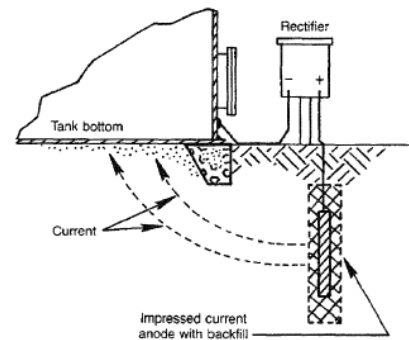
Proteksi katodik diperlukan untuk melindungi tangki dari bahaya korosi. Korosi dapat terjadi karena adanya interaksi antara dinding tangki yang terbuat dari logam dengan lingkungan sekitar tangki. Dalam penelitian ini penulis membandingkan dari segi teknis antara dua metode proteksi katodik yaitu *sacrificial anode* dan *impressed current* [6].



Gambar 1. SACP method



Gambar 2. Peletakan anoda metode SACP



Gambar 3. ICCP method

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui jumlah minimum anoda. Berikut adalah tahapan analisa teknis metode SACP dan ICCP:

- Sacrificial anode

1. Menghitung luas permukaan (S_A)

$$S_A = \pi \cdot r^2 \quad (10)$$

2. Menghitung kebutuhan arus proteksi (I_t)

$$I_t = \frac{S_A \times C_d \times C_b}{1000} (1 + SF) \quad (11)$$

3. Menghitung tahanan anoda horizontal (R_h)

$$R_h = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_a} \times \left[\ln \left(\frac{4 \times L_a}{d_a} \right) - 1 \right] \quad (12)$$

4. Menghitung tahanan anoda vertikal (R_v)

$$R_v = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_a} \times \left[\ln \left(\frac{8 \times L_a}{d_a} \right) - 1 \right] \quad (13)$$

5. Menghitung arus listrik (I_o)

$$I_o = \frac{E}{R} \quad (14)$$

6. Menghitung jumlah anoda (N_{\min})

$$N_{\min} = \frac{I_t}{I_o} \quad (15)$$

- Impressed current

1. Menghitung luas permukaan *roof* (S_r), *bottom* (S_b), dan *shell* (S_s)

$$S_b = \pi \cdot r^2 \quad (16)$$

$$S_r = \pi \cdot r^2 \quad (17)$$

$$S_s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (18)$$

$$S_A = S_b + S_r + S_s \quad (19)$$

2. Menghitung *total current* (I_t)

$$I_t = \frac{SA \times Cd \times Cb}{1000} (1 + SF) \quad (20)$$

3. Menghitung densitas arus maksimal anoda

$$\log Y = 3,3 - \log I_d \quad (21)$$

4. Menghitung keluaran arus maksimal anoda

$$I_o = SA \cdot I_d \quad (22)$$

5. Menghitung jumlah minimal anoda

$$N_{min} = \frac{I_t}{I_o} \quad (23)$$

6. Menghitung tahanan total anoda

$$R_t = \frac{L_c \times R_e}{N \times c} \quad (24)$$

7. Menghitung tegangan DC total

$$V_{DC} = [(I_t \cdot R_t) \cdot (1 + SF_2)] + B_{emf} \quad (25)$$

8. Menghitung daya arus AC

$$I_{AC} = \frac{I_{DC} \cdot V_{DC}}{V_{AC} \cdot \text{eff} \cdot \sqrt{3}} \quad (26)$$

9. Menghitung kapasitas *transformer rectifier*

$$P_{AC} = I_{AC} \cdot E_{AC} \cdot \sqrt{3} \quad (27)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1: Data Utama Tangki

No	Data	Keterangan
1	Ukuran Tangki	
	Inside Diameter	50 m
	Height	21 m
	Jumlah Course	9 -
	Ukuran Pelat course 1-8	6096 x 2430 mm
	Ukuran Pelat course 9	6096 x 1560 mm
	Diameter <i>manhole</i>	24 inch
2	Material:	
	<i>Shell, bottom, dan annular bottom</i>	A573 Gr. 70 N -
	<i>Roof</i>	A283 Gr.C -
3	<i>Corrosion allowance</i>	3 mm
4	Volume Tangki	35000 kL
5	Sd A573 Gr.70 N	195 MPa
6	St A573 Gr.70 N	206 MPa
7	Sd A283 Gr.C	137 MPa
8	St A283 Gr.C	154 MPa
9	Kecepatan Angin	35 km/h
10	Densitas oli	896 kg/m ³

Pada tabel 1 berisi data-data utama yang digunakan untuk menentukan desain awal tangki dan digunakan untuk menghitung tebal minimal pelat pada *shell, bottom plate, annular bottom plate, dan roof*.

1. Hasil perhitungan *minimal thickness*

Setelah mengetahui data utama tangki, tahapan selanjutnya adalah menghitung *minimal plate thickness* pada *shell, bottom plate, annular bottom plate, dan roof*. Hasil perhitungan dirangkum pada Tabel 2 berikut, adapun perhitungan tebal minimal yang didapatkan adalah tebal pelat pada *shell, bottom plate, annular bottom plate, dan roof* yang menggunakan *one foot method* dengan kalkulasi manual.

Tabel 2: Hasil Perhitungan Minimal *Thickness Shell*

Perhitungan <i>shell course</i>	td (mm)	tt (mm)	t API 650 (mm)	Tebal pelat aktual (mm)
1	26.30	24.62	26.303	28
2	23.57	21.73	23.567	24
3	20.83	18.84	20.832	22
4	18.10	15.95	18.096	19
5	15.36	13.06	15.361	16
6	12.63	10.17	12.625	12.7
7	9.89	7.28	9.890	10
8	7.15	4.39	8.000	8
9	4.42	1.50	8.000	8

- a. $t_{bottom} = 9$ mm
- b. $t_{annular\ bottom} = 12$ mm
- c. $t_{roof} = 8$ mm

2. Perhitungan stabilitas tangki

Untuk menentukan kriteria stabilitas tangki terhadap beban angin menggunakan persamaan berikut:

1. $0.6 M_w + M_{pi} < M_{DL}/1,5 + M_{DLR}$
 $= 1.635.003,825 \text{ N.m} < 132.305.108.000 \text{ N.m}$
2. $M_w + F_p (M_{pi}) < (M_{DL} + M_F)/2 + M_{DLR}$
 $= 2.725.006,375 < 119.074.672.745,486$
3. $M_{ws} + F_p (M_{pi}) < \frac{M_{DL}}{1,5} + M_{DLR}$
 $= 639.450 < 132.305.108.000$

Dari perhitungan dapat disimpulkan bahwa tangki stabil sehingga tidak membutuhkan *anchor* (baut).

3. Perhitungan proteksi katodik

Tabel 3: Data Anoda SACP

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

Tabel 4: Data Anoda ICCP

Parameter	Kriteria
Jenis anoda	Titanium ASTM B338 Gr. 1
Rapat arus proteksi	6 mA/m
<i>Coating breakdown</i>	10%
Berat anoda	0.30 Kg/m
<i>Design time</i>	20 tahun
Resivitas tanah	5000 Ω.cm
<i>Safety factor</i>	10%
<i>Outside diameter</i> anoda	2.54 cm
Tebal anoda	1 cm
Panjang coil	100 cm

Dari perhitungan diketahui jika menggunakan metode SACP membutuhkan anoda *high potensial magnesium alloy* sebanyak 72 buah dan apabila menggunakan metode ICCP membutuhkan 2 buah anoda titanium.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan tebal minimal pelat menggunakan *one foot method* didapatkan hasil sebagai berikut: *course 1* = 28 mm, *course 2* = 24 mm, *course 3* = 22 mm, *course 4* = 19 mm, *course 5* = 16 mm, *course 6* = 12,7 mm, *course 7* = 10 mm, *course 8* = 8 mm, *course 9* = 8 mm ketebalan *bottom plate* = 9 mm, *roof* = 8 mm, *annular bottom plate* = 12 mm dan lebar pelat pada *annular bottom plate* adalah 672,662 mm.
2. Dari perhitungan stabilitas tangki terhadap beban angin (1.635.003,825 N.m < 132.305.108.000 N.m) kriteria tangki stabil sehingga tidak membutuhkan *anchor*.
3. Dari hasil perhitungan proteksi katodik jika menggunakan metode SACP membutuhkan anoda *high potensial magnesium alloy* sebanyak 72 buah apabila menggunakan ICCP membutuhkan anoda titanium sebanyak 2 buah.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

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

1. Budi Prasajo, S.T., MT. selaku dosen pembimbing I yang banyak membantu dalam penyusunan penelitian.
2. Ika Erawati, S.S., M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang banyak membantu dalam penyusunan penelitian.

6. PUSTAKA

- [1] Visal, B., & Sibin, B. (2017). *Design and Analysis of Storage Tank*, (pp. 8097–8104).
- [2] Mahardhika, P., & Ratnasari, A. (2018). Perancangan Tangki *Stainless Steel* untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m³. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol.3, no.1, (pp. 39-46). Surabaya: Teknik Perpipaan – PPNS.
- [3] Pangestu, Haris Yoga, Budi Prasajo, M. E. P. (2018). Desain dan Pemodelan *Storage Tank* Kapasitas 40.000 kL Menggunakan *Software Intergraph Tank*. *3rd Conference On Piping Engineering and Its Application*. Surabaya: Teknik Perpipaan – PPNS.
- [4] Ubaidillah, Aditya Koko, Budi Prasajo, Bayu Wiro K (2017). Analisa Teknis dan Ekonomis Proteksi *Impressed Current* dengan Proteksi *Sacrificial Anode* pada *Submarine Pipeline Offshore Tuban Loop* Sepanjang 7750 meter di PT. PERTAMINA TBBM Tuban. *2nd Conference On Piping Engineering and Its*

Application. Surabaya: Teknik Perpipaan – PPNS.

- [5] API 650. (2016) *Welded Tanks for Oil Storage*.
- [6] API 651. (1997). *Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks*.