



Perancangan Proteksi Katodik pada Tangki Olein Kapasitas 450 KL dengan Metode SACP

Rurinta Praputri^{1*}, Budi Prasajo², Endah Wismawati³, Mahasin Maulana⁴, Dianita Wardhani⁵

^{1,2,3,4}Program studi Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Author Coresponding budiprasajo@ppns.ac.id

Abstrak

Proteksi katodik diperlukan sebagai mitigasi korosi pada tangki minyak di darat untuk meminimalisir korosi internal dan eksternal. Permasalahan korosi yang sering timbul pada tangki adalah korosi pada bagian shell, roof dan bottom. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem proteksi korosi untuk tangki penampung olein dengan kapasitas 450 kL di salah satu industri kapal sawit yang berlokasi di Kalimantan. Proteksi korosi yang digunakan adalah SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection) di aman anoda aktif digunakan untuk melindungi permukaan logam yang lebih pasif terhadap serangan korosi. Untuk memberikan perlingungan korosi yang baik diperlukan kecukupan arus, jumlah anoda dan penempatan yang tepat. Hasil perhitungan didapatkan bahwa untuk shell, arus yang dibutuhkan adalah 0,0102446 A dengan jumlah anoda 46 buah dan penempatan masing-masing anoda adalah 5,36 m. Untuk bottom dan roof sama, masing-masing diperlukan arus sebesar 0,0103869 A dengan anoda 7 buah dan jarak dalam radius 6,74 m.

Kata kunci : Anoda, korosi, proteksi katodik, SACP

Abstract

Cathodic protection is needed as corrosion mitigation in oil tanks on land to minimize internal and external corrosion. Corrosion problems that often arise in tanks are corrosion on the shell, roof and bottom. In this research, a corrosion protection system was designed for an olein storage tank with a capacity of 450 kL for one of the palm oil ship industries located in Kalimantan. The corrosion protection used is SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection) where active anodes are used to protect metal surfaces which are more passive against corrosion attacks. To provide good corrosion protection, sufficient current, number of anodes and correct placement are required. From the calculation results it was found that for the shell, the current required is 0.0102446 A with a total of 46 anodes and the placement of each anode is 5.36 m. For the same bottom and roof, each requires a current of 0.0103869 A with 7 anodes and a distance within a radius of 6.74 m.

Keywords : anode, corrosion, cathodic protection, SACP, storage tank

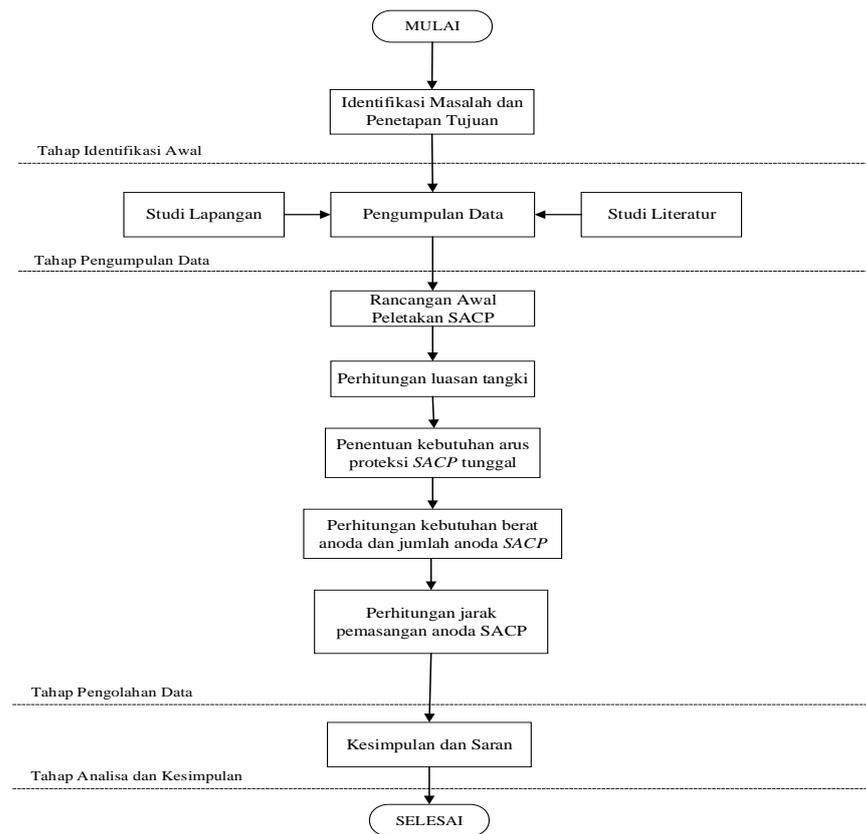
1. PENDAHULUAN

Storage tank merupakan equipment yang digunakan untuk menampung sementara minyak mentah ataupun minyak hasil dari pengolahan. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan perlindungan struktur baja tangki yang telah dirancang untuk meminimalisir terjadinya korosi. Di salah satu industri minyak sawit (palm oil) yang terletak di Kalimantan telah merancang storage tank baru dengan kapasitas 450 KL untuk menambah kapasitas daya tampung minyak sawit (palm oil) serta menjaga kelancaran dan ketersediaan produk sebelum didistribusikan lebih lanjut. Fluida yang ditampung adalah minyak olahan yang bernama Olein serta material yang digunakan adalah Carbon Steel A283 Gr C. Akan tetapi pada tangki penyimpanan tersebut masih belum memiliki perlindungan untuk meminimalisir terjadinya korosi secara internal maupun eksternal. Korosi didefinisikan sebagai pengurangan mutu sebuah material logam dan campuran akibat adanya hubungan antara logam dengan lingkungannya (Baswel: 2017). Korosi menjadi masalah yang paling sering terjadi pada struktur logam baik yang berada di darat maupun laut. Proses korosi merupakan konsep reaksi reduksi-oksidasi atau yang biasa dikenal dengan istilah redoks, dimana elektron dikeluarkan dari permukaan logam dan menggantikannya dengan oksigen dari lingkungan sekitarnya. Untuk struktur baja seperti tangki minyak di darat, masalah korosi yang sering timbul adalah di bagian pelat dasar, shell, dan roof pada tangki. Mitigasi korosi pada tangki penyimpanan minyak diperlukan untuk perlindungan dari kegagalan penyimpanan suatu fluida. Berdasarkan masalah tersebut, maka pada penelitian ini proteksi katodik adalah salah satu cara yang efektif untuk meminimalisir terjadinya korosi baik secara internal maupun eksternal, yang dimulai dari permukaan bagian dalam pelat dasar, shell, hingga pelat atap pada tangki minyak. Penelitian ini disusun untuk mengetahui kebutuhan arus dan jumlah anoda serta jarak pemasangan tiap anoda yang mengacu pada standar API 651 4th edition, 2014 dan DNV-RP-B401 untuk proteksi katodik dalam meminimalisir terjadinya korosi pada tangki minyak.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan suatu urutan atau jadwal pengerjaan yang digunakan sebagai acuan agar ini dapat tercapai tujuannya secara maksimal. Gambar 1 merupakan alur penelitian yang dilakukan dengan proses sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Formula Matematika

Berdasarkan pada DNV-RP-B401, 2017 Cathodic Protection Design[5], formula yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini untuk menghitung kebutuhan anoda pada tangki diperlukan langkah-langkah sebagai berikut.

- Luasan yang Diproteksi
Tank Bottom

$$A = \pi.r^2 \quad (1)$$

- Tank Shell

$$A = 2.\pi.r.t \quad (2)$$

- Tank Roof

$$A = \pi.r.s \quad (3)$$

- Kebutuhan Arus Proteksi

$$Ip = (A . ic . fc) . (1+SF) \quad (4)$$

- Resistansi Anoda Horizontal

$$RH = \frac{\rho}{2 . \pi . L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right) \quad (5)$$

- Resistansi Anoda Vertikal

$$Rv = \frac{\rho}{2 . \pi . L} \left(\ln \frac{8L}{d} - 1 \right) \quad (6)$$

- Kapasitas Arus Keluaran Anoda

$$I_a = \frac{\Delta V}{R} \quad (7)$$

6. Jumlah Anoda yang Digunakan

$$N = \frac{I_p}{I_a} \quad (8)$$

7. Kebutuhan Berat Anoda Total

$$W_o = W_{anoda} \cdot N \quad (9)$$

8. Jarak Pemasangan Tiap Anoda

$$S = \frac{L}{N} \quad (10)$$

3. PERHITUNGAN

Dalam penelitian ini, dilakukan perlindungan korosi pada olein storage tank di bagian bottom, shell, dan roof menggunakan proteksi katodik dengan metode SACP, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil kebutuhan arus yang nantinya akan dijadikan data untuk mendapatkan hasil perhitungan kebutuhan jumlah anoda yang digunakan. Setelah itu dilakukan perhitungan jarak pemasangan tiap anoda. Selanjutnya hasil yang telah didapatkan digunakan untuk pembuatan detail desain gambar kerja yang diperlukan sebagai panduan atau acuan pada saat pemasangan proteksi katodik pada tangki di lapangan. Dan terakhir dilakukan perhitungan estimasi kebutuhan biaya total penggunaan anoda.

3.1 Perhitungan Teknis Proteksi Katodik SACP pada Tank Bottom

Perhitungan kebutuhan proteksi katodik pada *tank bottom* adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Kebutuhan Arus

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot (3.85 \text{ m})^2 \\ &= 46.56626 \text{ m}^2 \\ I_p &= [(46.56626 \text{ m}^2) \cdot (0.020 \text{ A/m}^2) \cdot (0.01)] \cdot [1+10\%] \\ &= 0.0102446 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan arus pada pelat dasar untuk olein storage tank kapasitas 450 KL yaitu sebesar 0.0102446 A dimana pada hasil tersebut sudah diberi faktor keamanan sebesar 10% yang umumnya digunakan pada perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan jumlah anoda untuk mengantisipasi terjadinya perubahan tahanan.

2. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Anoda

$$\begin{aligned} RH &= \frac{200 \Omega \text{ m}}{2 \cdot \pi \cdot (0.711 \text{ m})} \left(\ln \frac{4 \cdot (0.711 \text{ m})}{0.102 \text{ m}} - 1 \right) \\ &= 519.7339675 \Omega \\ I_a &= \frac{0.80}{519.7339675 \Omega} \\ &= 0.001539249 \text{ A} \\ N &= \frac{0.0102446 \text{ A}}{0.001539249 \text{ A}} \end{aligned}$$

$$= 6.655568028 \text{ buah} \sim 7 \text{ buah}$$

Pada perhitungan kebutuhan jumlah anoda yang digunakan pada tank bottom yaitu membutuhkan sebanyak 7 buah dan pada jumlah tersebut merupakan jumlah minimal dalam penggunaan

sehingga pada penerapan, jumlah anoda tersebut tidak boleh kurang dari perhitungan yang tertera agar pemenuhan proteksi korosi pada tank bottom dapat berlangsung.

$$\begin{aligned}
 3. \quad & \text{Perhitungan Jarak Pemasangan} \\
 & W_o = (16.3 \text{ kg}) \cdot (7 \text{ buah}) \\
 & = 114.1 \text{ kg} \\
 \\
 & S = \frac{46.56626 \text{ m}^2}{7 \text{ buah}} \\
 & = 6.652322444 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3.2 Perhitungan Teknis Proteksi Katodik SACP pada Tank Shell

Perhitungan kebutuhan proteksi katodik pada *tank shell* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \text{Perhitungan Kebutuhan Arus} \\
 & A = 2 \cdot \pi \cdot (3.85 \text{ m}) \cdot (10.2 \text{ m}) \\
 & = 246.74069 \text{ m}^2 \\
 \\
 & I_p = [(246.74069 \text{ m}^2) \cdot (0.020 \text{ A/m}^2) \cdot (0.01)] \cdot (1+10\%) \\
 & = 0.0542830 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan arus pada *shell* untuk *olein storage tank* kapasitas 450 KL yaitu sebesar 0.0542830 A dimana pada hasil tersebut sudah diberi faktor keamanan sebesar 10% yang umumnya digunakan pada perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan jumlah anoda untuk mengantisipasi terjadinya perubahan tahanan.

$$\begin{aligned}
 2. \quad & \text{Perhitungan Jumlah Anoda} \\
 & RV = \frac{200 \Omega \text{ m}}{2 \cdot \pi \cdot (0.711 \text{ m})} \left(\ln \frac{8 \cdot (0.711 \text{ m})}{0.102 \text{ m}} - 1 \right) \\
 & = 674.4818481 \Omega \\
 \\
 & I_a = \frac{0.80}{674.4818481 \Omega} \\
 & = 0.001186096 \text{ A} \\
 \\
 & N = \frac{0.0542830 \text{ A}}{0.001186096 \text{ A}} \\
 & = 45.76608151 \text{ buah} \approx 46 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan kebutuhan jumlah anoda yang digunakan pada *tank shell* yaitu membutuhkan sebanyak 46 buah dan pada jumlah tersebut merupakan jumlah minimal dalam penggunaan sehingga pada penerapan, jumlah anoda tersebut tidak boleh kurang dari perhitungan yang tertera agar pemenuhan proteksi korosi pada *tank shell* dapat berlangsung.

$$\begin{aligned}
 3. \quad & \text{Perhitungan Jarak Pemasangan} \\
 & W_o = (16.3 \text{ kg}) \cdot (46 \text{ buah}) \\
 & = 749.8 \text{ kg} \\
 \\
 & S = \frac{246.74069 \text{ m}^2}{46 \text{ buah}} \\
 & = 5.363927979 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Teknis Proteksi Katodik SACP pada Roof

Perhitungan kebutuhan proteksi katodik pada *tank roof* adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Kebutuhan Arus

$$s = \sqrt{3.85^2 + 0.644^2}$$

$$= 3.90349 \text{ m}$$

$$A = \pi \cdot r \cdot s$$

$$= \pi \cdot (3.85 \text{ m}) \cdot (3.90349 \text{ m})$$

$$= 47.21323 \text{ m}^2$$

$$I_p = [(47.21323 \text{ m}^2) \cdot (0.020 \text{ A/m}^2) \cdot (0.01)] \cdot [1+10\%]$$

$$= 0.0103869 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan arus pada atap untuk *olein storage tank* kapasitas 450 KL yaitu sebesar 0,0103869 A dimana pada hasil tersebut sudah diberi faktor keamanan sebesar 10% yang umumnya digunakan pada perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan jumlah anoda untuk mengantisipasi terjadinya perubahan tahanan.

2. Perhitungan Jumlah Anoda

$$RH = \frac{200 \Omega \text{ m}}{2 \cdot \pi \cdot (0.711 \text{ m})} \left(\ln \frac{4 \cdot (0.711 \text{ m})}{0.102 \text{ m}} - 1 \right)$$

$$= 519.73396748 \Omega$$

$$I_a = \frac{0.80}{519.7339675 \Omega}$$

$$= 0.001539249 \text{ A}$$

$$N = \frac{0.0102446 \text{ A}}{0.001539249 \text{ A}}$$

$$= 6.748037609 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

Pada perhitungan kebutuhan jumlah anoda yang digunakan pada *tank roof* yaitu membutuhkan sebanyak 7 buah dan pada jumlah tersebut merupakan jumlah minimal dalam penggunaan sehingga pada penerapan, jumlah anoda tersebut tidak boleh kurang dari perhitungan yang tertera agar pemenuhan proteksi korosi pada *tank roof* dapat berlangsung.

3. Perhitungan Jarak Pemasangan

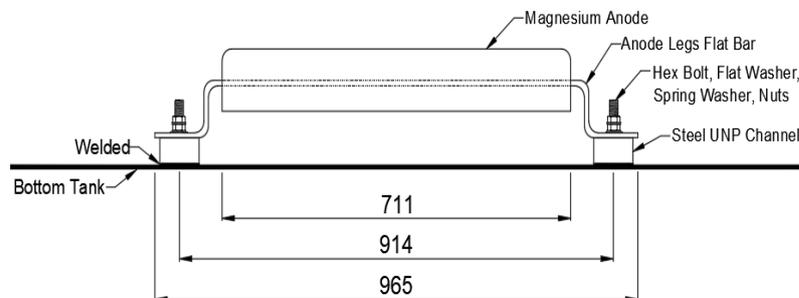
$$W_o = (16.3 \text{ kg}) \cdot (7 \text{ buah})$$

$$= 114.1 \text{ kg}$$

$$S = \frac{46.56626 \text{ m}^2}{7 \text{ buah}}$$

$$= 6.744746932 \text{ m}$$

3.4 Penentuan Anoda Proteksi



Gambar 2. Anoda Magnesium

Anoda yang digunakan untuk metode *SACP* ini menggunakan material *High potensial Magnesium Alloy*. Kelebihan anoda Magnesium adalah mudah untuk diaplikasikan sebagai anoda proteksi pada tangki, distribusi arus merata menjadi pertimbangan penting untuk digunakan sebagai anoda proteksi *SACP*.

Dari hasil perhitungan kebutuhan teknis proteksi katodik pada *olein storage tank* kapasitas 450 KL di bagian *bottom, shell, dan roof* didapatkan hasil yang terlampir pada Tabel 1.

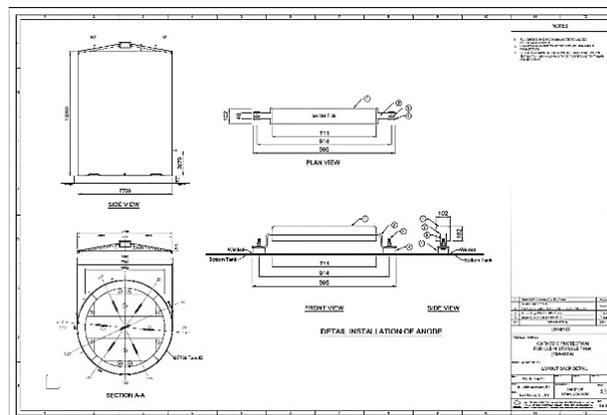
Tabel 1: Anoda yang digunakan

Letak anoda	Kebutuhan arus (A)	Jumlah anoda (buah)	Berat anoda (kg)	Jarak pemasangan (m)
<i>Tank Bottom</i>	0,0102446	7	114.1	6.65
<i>Tank Shell</i>	0,0542830	46	749.8	5.36
<i>Tank Roof</i>	0,0103869	7	114.1	6.74

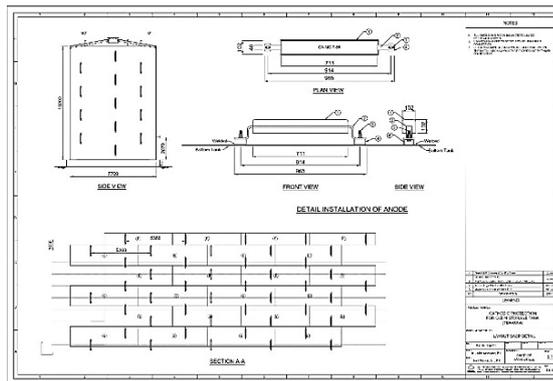
Dari Tabel 1, desain *SACP* menggunakan *magnesium tank anode* dengan *product number GA-MG-T-36*. Pada *tank bottom* membutuhkan anoda sebanyak 7 buah yang dipasang secara horizontal dengan berat total sebesar 114.1 kg dan jarak pemasangan tiap anoda sejauh 6.65 m. Pada *tank shell* membutuhkan anoda sebanyak 46 buah yang dipasang secara vertikal dengan berat total sebesar 749.8 kg dan jarak pemasangan tiap anoda sejauh 5.36 m. Pada *tank roof* membutuhkan anoda sebanyak 7 buah yang dipasang secara horizontal dengan berat total sebesar 114.1 kg dan jarak pemasangan tiap anoda sejauh 6.74 m.

3.5 Detail Desain Gambar Kerja Proteksi Katodik *SACP*

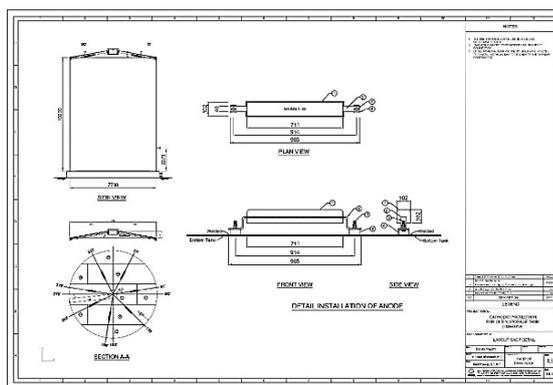
Detail desain gambar kerja yaitu suatu teknik menggambar yang digunakan untuk menjelaskan secara detail tentang produk yang akan dibuat atau dipasang meliputi berbagai unsur yang memuat informasi mengenai dimensi, bahan, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini berdasarkan pada perhitungan yang telah dilakukan, detail desain gambar kerja digunakan sebagai panduan atau acuan pekerja sehingga memudahkan pada saat pemasangan proteksi katodik pada tangki *olein* kapasitas 450 KL di lapangan.



Gambar 3. Detail desain gambar kerja pada tank bottom



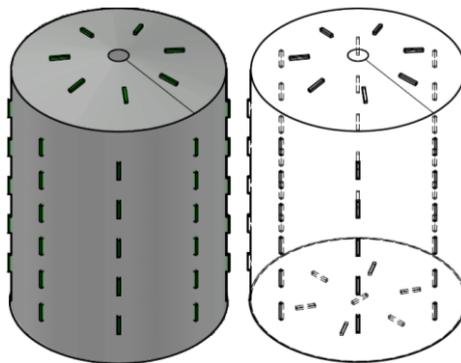
Gambar 4. Detail desain gambar kerja pada tank Shell



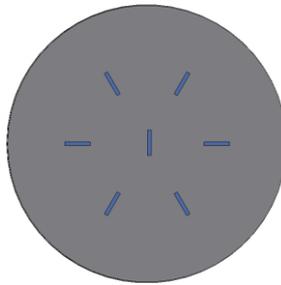
Gambar 5. Detail desain gambar kerja pada tank roof

3.6 Pemodelan 3D Proteksi Katodik

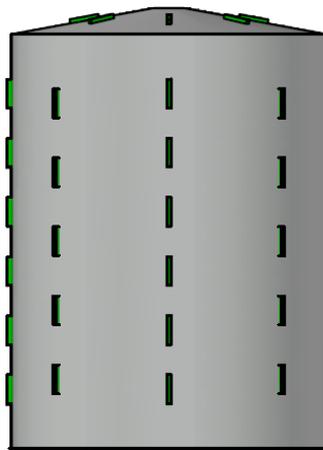
Pemodelan 3D adalah aktifitas penggambaran obyek 3D dimana obyek tersebut mirip dengan kondisi aktual agar mudah untuk dipahami, didefinisikan, diukur, divisualisasikan, atau disimulasikan. Pemodelan dapat digunakan sebagai sarana pendukung sistem yaitu proses dokumentasi guna mempelajari dan melakukan proses evaluasi sistem, seperti mengidentifikasi struktur dan perilaku sistem serta membuat gambaran saat membuat sistem, proses pengujian ketika sistem selesai untuk dirancang. Selain itu, pemodelan 3D ini juga digunakan untuk mengetahui kondisi aktual dari peletakan anoda pada tangki. Berikut ini gambar 6 sampai gambar 9 merupakan hasil pemodelan 3D pada *bottom*, *shell*, dan *roof* tangki menggunakan *software*.



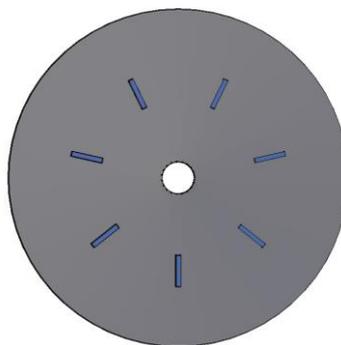
Gambar 6. Detail 3D solid dan wire modelling anode pada olein storage tank



Gambar 7. Detail 3D modelling anode pada tank bottom



Gambar 8. Detail 3D modelling anode pada tank Shell



Gambar 9. Detail 3D modelling anode pada tank roof

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan pada hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jumlah arus yang diperlukan bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* dengan menggunakan metoda *SACP* (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) pada *tank bottom* yaitu sebesar 0.0102446 Ampere. Pada *Tank Shell* sebesar 0.0542830 Ampere. Pada *Tank Roof* sebesar 0.0103869 Ampere.

2. Jumlah anoda proteksi yang diperlukan bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* dengan menggunakan metoda *SACP* (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) pada *tank bottom* sebanyak 7 buah dengan berat 114.1 kg. Pada *tank shell* sebanyak 46 buah dengan berat 749.8 kg. Dan pada *tank roof* sebanyak 7 buah dengan berat 114.1 kg.
3. Jarak pemasangan anoda diperlukan bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* dengan menggunakan metoda *SACP* (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) pada *tank bottom* tiap anoda yaitu 6.65 meter. Pada *tank shell* memiliki jarak tiap anoda yaitu 5.36 meter. Pada *tank roof* memiliki jarak tiap anoda yaitu 6.74 meter.

6. PUSTAKA

- [1] API. (2014). *API 651 : Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tank (4th ed.)*. American Petroleum Institute.
- [2] Ashworth, V. (2010). *Principles of cathodic protection*. *Shreir's Corrosion, Ed : ...* 2. pp2747–2762.
- [3] Avianto, Egi. S (2018). Optimasi proteksi korosi *Pipeline* pada metode kombinasi *SACP-ICCP* melalui Penyebaran Tegangan Elektrokimia dan Aspek *Cost-Rate*
- [4] Chemwiki. (2007). *Study Corrosion Sacrifice Anode*. *Scripton of University of California*.
- [5] DNV. (2017). *DNVGL-RP-B401 Engineering Practice and Guidance: Cathodic Protection Design*. *Høvik, Norway.: Classification Society Headquartered*.
- [6] Fontana, Mars G., 1987, *Corrosion Engineering*, Singapore: McGraw-Hill Book Company
- [7] Indarti, R., Sarungu, Y.T. and Magesang, C. (no date) Karakterisasi Simulator Sistem Proteksi katodik metode Anoda Korban Pada sistem perpipaan Yang Tertanam Dalam tanah, *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1039> (Accessed: February 5, 2023).
- [8] Loke, M.H. (2000) *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies. A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*, 61.
- [9] NACE. (2001). *NACE RP0193 : External Cathodic Protection of On-Grade Carbon Steel Storage Tank Bottoms*. *International The Corrosion Society*.
- [10] Nooris, Destio. A (2016). Analisa Perbandingan *SACP* dan *ICCP* sebagai Proteksi Katodik untuk *Underground Trunkline PGDP*
- [11] Robert, B. (2016). *NACE corrosion engineer's reference book (4th ed.)*. *Nace International*.
- [12] ScienceDirect. *Coating Breakdown Factor*. *sciencedirect.com*. [Online], Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coating-breakdown-factor> [Accessed: February 3, 2023].