

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

Budi Prasajo^{1*}, Endah Wismawati¹, Ika Erawati¹, Mahasin Maulana Ahmad¹, Rurinta Praputri¹ dan Ferry Safriwardi²

¹D4 Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikusaleh, Aceh, Indonesia

Email: budiprasajo1968@ppns.ac.id

Abstrak

Proteksi katodik perlu dilakukan sebagai mitigasi korosi pada tangki minyak di darat untuk meminimalisir terjadinya korosi secara internal maupun eksternal. Masalah korosi yang sering timbul pada tangki penyimpanan minyak berada di bagian *shell*, *roof*, dan pelat dasar tangki. *Olein storage tank* merupakan tangki baru dengan kapasitas 450 KL di salah satu industri minyak sawit yang terletak di Kalimantan. Untuk melakukan desain tangki tersebut diperlukan adanya proteksi katodik menggunakan metode kombinasi SACP-ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection-Sacrificial Anode Cathodic Protection*). Kombinasi SACP-ICCP adalah metode proteksi katodik yang sesuai yang memanfaatkan kedua metode tersebut untuk melindungi struktur dari korosi di berbagai lingkungan, termasuk tangki penyimpanan, dan memberikan sistem proteksi yang lebih komprehensif dan efektif dibandingkan metode lainnya. Kebutuhan arus, jumlah anoda, jarak pemasangan, serta estimasi biaya total perlu dilakukan dalam pemenuhan proteksi katodik pada *tank bottom*, *tank shell*, dan *tank roof*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada *tank bottom* memerlukan arus sebesar 0,0102446 A dengan 7 buah anoda, dan jarak pemasangan radius 6,65 m tiap anoda. Pada *tank shell* memerlukan arus sebesar 0,0986963 A dengan 4 buah anoda, dan jarak pemasangan radius 5,02 m tiap anoda. Pada *tank roof* memerlukan arus sebesar 0,0103869 A dengan 7 buah anoda, dan jarak pemasangan radius 6,74 m tiap anoda. Estimasi biaya total penggunaan kombinasi SACP-ICCP pada *olein storage tank* kapasitas 450 KL sebesar Rp 332.321.109,-. Sehingga penggunaan proteksi katodik dengan metode kombinasi SACP-ICCP merupakan solusi yang efektif dalam menangani perlindungan korosi pada tangki penyimpanan minyak tersebut.

Kata kunci: anoda, korosi, proteksi katodik, SACP-ICCP, *storage tank*.

Abstract

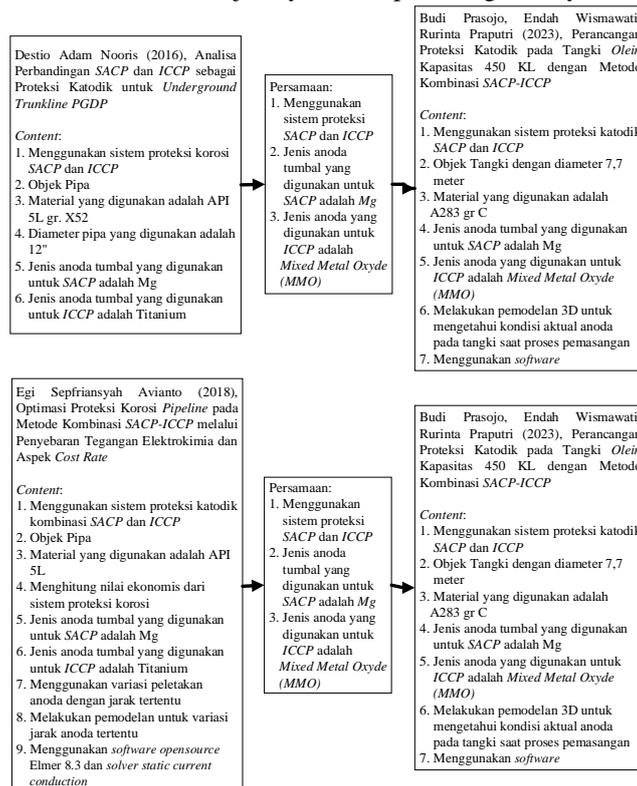
Cathodic protection necessary as a corrosion mitigation for oil tanks on land to minimize internal and external corrosion. Corrosion problems that often arise in the oil storage tank are in the shell, roof, and the base plate of the tank. The olein storage tank is a new tank with a capacity of 450 KL in one of the palm oil industries located in Kalimantan. To carry out the tank design, it is necessary to have cathodic protection using the combination SACP-ICCP (Sacrificial Anode Cathodic Protection- Impressed Current Cathodic Protection) method. The combination SACP-ICCP is a suitable cathodic protection method that utilizes both methods to protect structures from corrosion in various environments, including storage tanks, and provides more comprehensive and effective protection system than either method. Current requirements, number of anodes, installation distances, and total cost estimate need to be carried out in fulfilling cathodic protection on the tank bottom, tank shell, and tank roof. The results of the analysis show that the tank bottom requires a current of 0.0102446 A with 7 anodes, and the radius installation distance is 6.65 m for each anode. The tank shell requires a current of 0.0986963 A with 4 anodes, and the radius installation distance is 5.02 m for each anode. The tank roof requires a current of 0.0103869 A with 7 anodes, and the radius installation distance of 6.74 m for each anode. The estimated total cost of using the combination SACP-ICCP method for an olein storage tank with a capacity of 450 is Rp 332.321.109,-. So the use of cathodic protection with the combination SACP-ICCP method is an effective solution in handling corrosion protection in the oil storage tank.

Keywords: anode, corrosion, cathodic protection, SACP-ICCP, *storage tank*.

^{1*} Penulis Korespondensi

1. Pendahuluan

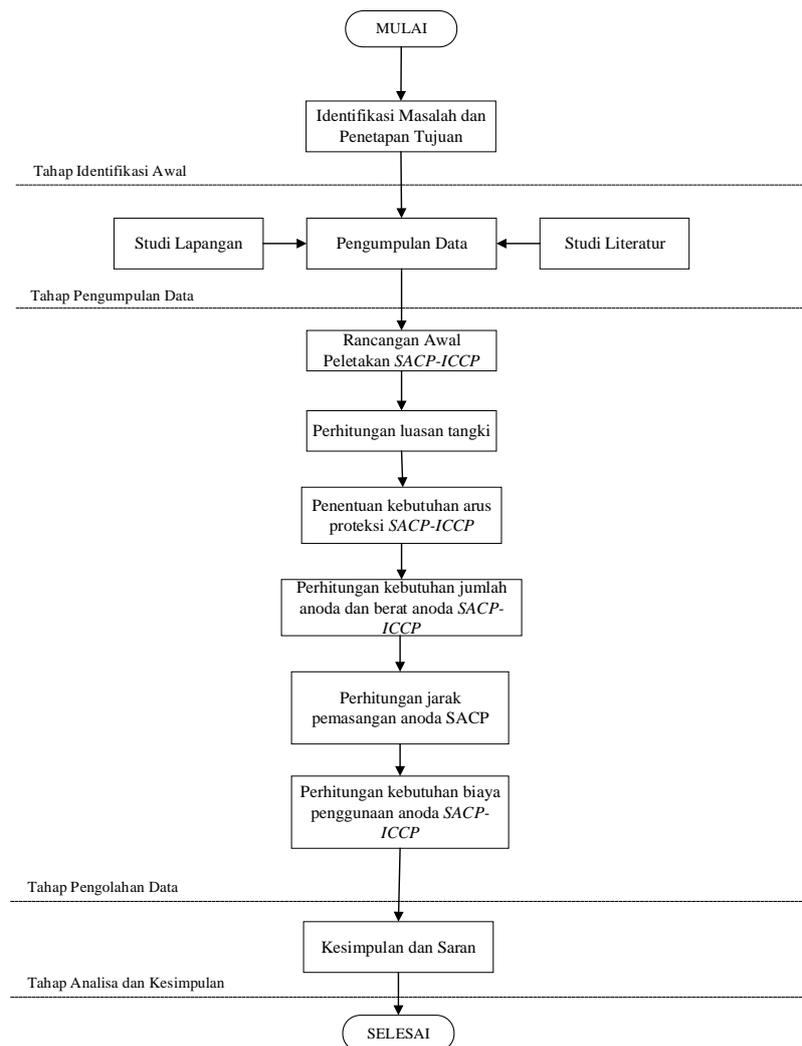
Storage tank merupakan *equipment* yang digunakan untuk menampung sementara minyak mentah ataupun minyak hasil dari pengolahan. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan perlindungan struktur baja tangki yang telah dirancang untuk meminimalisir terjadinya korosi. Di salah satu industri minyak sawit (*palm 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 dengan menggunakan metode kombinasi *SACP-ICCP* 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, jarak pemasangan tiap anoda, serta kebutuhan total biaya dalam penggunaannya yang mengacu pada standar API 651 4th edition, 2014 dan DNV-RP-B401 untuk proteksi katodik dalam meminimalisir terjadinya korosi pada tangki minyak.



Gambar 1 Kerangka Konseptual

2. Metode Penelitian

Dalam penyusunan dan penelitian ini diperlukan suatu urutan atau jadwal pengerjaan yang digunakan sebagai acuan agar penelitian ini dapat tercapai tujuannya secara maksimal. Gambar 2 merupakan alur penelitian yang dilakukan dengan proses sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Tahap identifikasi awal bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang ada serta keterkaitannya dengan bidang ilmu penelitian. Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah dan penetapan tujuan. Dari identifikasi masalah tersebut, bisa dijadikan dasar untuk melakukan penelitian. Penelitian ini mengangkat permasalahan yang terjadi pada *olein storage tank* dengan kapasitas 450 KL, dimana pada tangki tersebut tidak dilakukan proteksi. Sehingga perlu dilakukan pemasangan proteksi katodik untuk meminimalisir serta melindungi dari serangan korosi pada tangki tersebut.

Tahap pengumpulan data berupa data primer dan sekunder yang berkaitan dengan kebutuhan penelitian. Data primer atau data utama adalah data, keterangan-keterangan, dan studi lapangan yang diperoleh dari kondisi yang ada. Adapun data primer yang didapatkan seperti data desain tangki yang telah dirancang, spesifikasi material yang digunakan, nilai resistivitas tanah, ukuran dan berat anoda maupun data lain yang diperoleh dari keterangan basis data perusahaan serta dimensi dan berat anode. Data sekunder adalah data yang diambil dari sumber yang sudah tersedia seperti informasi atau keterangan spesifikasi perlindungan korosi yang didapat dari studi literasi pada buku, jurnal, maupun penelitian terkait yang telah ada sebelumnya, serta standar yang berlaku untuk perlindungan korosi. Data sekunder pada penelitian ini antara lain *STANDAR API 651 4th edition, 2014 "Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks"*, *DNV-RP-B401 "Cathodic Protection Design"*, dan beberapa referensi dari *handbook* dan jurnal terkait.

Tahap pengolahan data dilakukan dengan menggunakan data yang tersedia sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai. Pengolahan data yang dilakukan adalah Penentuan rancangan awal *SACP-ICCP*, Perhitungan luasan permukaan tangki, Penentuan kebutuhan arus proteksi *SACP-ICCP*, Perhitungan kebutuhan berat anoda dan jumlah

anoda *SACP-ICCP*, Perhitungan jarak pemasangan anoda pada tangki, Pembuatan detail gambar kerja dan pemodelan 3D anoda pada tangki menggunakan *software*, Perhitungan estimasi kebutuhan biaya penggunaan *SACP-ICCP*.

Tahap pemodelan merupakan tahapan pra-akhir pada pelaksanaan penelitian proteksi katodik pada tangki karena dengan dibuatnya pemodelan 3D dapat diketahui peletakan anoda pada bagian *bottom*, *shell*, dan *roof* tangki dimana dapat dilihat seperti kondisi aktual pada saat proses pemasangan atau visualisasi kondisi aktual mengenai letak anoda pada tiap bagian di tangki. Beberapa tahapan tersebut antara lain perencanaan, pengumpulan data, pemodelan *geometry*, material dan penyelesaian visual, evaluasi dan visualisasi.

Dalam tahap analisa dan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Selain itu, penarikan kesimpulan didasarkan dari kebutuhan arus, jumlah proteksi katodik, jarak pemasangan tiap anoda serta estimasi kebutuhan biaya total penggunaan *SACP-ICCP*. Dengan memperoleh hasil tersebut maka penggunaan proteksi katodik *SACP-ICCP* dapat menjadi pertimbangan dari segi analisa kecukupan dalam memproteksi tangki dari korosi.

Beberapa formula yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode *SACP* kebutuhan anoda pada tangki yaitu sebagai berikut.

Luasan *tank bottom* yang diproteksi

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

Luasan *tank roof* yang diproteksi

$$A = \pi \cdot r \cdot s \quad (2)$$

Kebutuhan arus proteksi

$$I_p = (A \cdot i_c \cdot f_c) \cdot (1+SF) \quad (3)$$

Resistansi anoda horizontal

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

Resistansi anoda vertikal

$$R_v = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left(\ln \ln \frac{8L}{d} - 1 \right) \quad (5)$$

Kapasitas arus keluaran anoda

$$I_a = \frac{\Delta V}{R} \quad (6)$$

Jumlah anoda yang digunakan

$$N = \frac{I_p}{I_a} \quad (7)$$

Kebutuhan berat total

$$W_o = W_{anoda} \cdot N \quad (8)$$

Jarak pemasangan tiap anoda

$$S = \frac{L}{N} \quad (9)$$

Beberapa formula yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode *ICCP* kebutuhan anoda pada tangki yaitu sebagai berikut.

Luasan *tank shell* yang diproteksi

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot t \quad (10)$$

Kebutuhan arus proteksi

$$I_p = A \times C_d \quad (11)$$

Kapasitas arus *transformer rectifier*

$$I_{tr} = I_p \times S_f \quad (12)$$

Berat anoda

$$W = \frac{Y \times C \times I_{tr}}{U} \quad (13)$$

Jumlah anoda

$$N = \frac{W}{w} \quad (14)$$

Ketahanan pada *anode ground bed*

$$R_v = \frac{0,00521 \rho}{NL} \left(2,3 \log \log \frac{8L}{d} - 1 + \frac{2L}{s} (2,3 \log \log 0,656 N) \right) \quad (15)$$

Nilai tegangan DC Transformer Rectifier

$$V_{DC} = I_{tr} (R_v + R_c) + Back_{emf} \quad (16)$$

3. Hasil dan Diskusi

Dalam penelitian ini, dilakukan perlindungan korosi pada *olein storage tank* di bagian *bottom, shell, dan roof* menggunakan proteksi katodik dengan metode kombinasi *SACP-ICCP*, 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. Definisi notasi dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Definisi Notasi

Notasi	Definisi
A	luas permukaan yang diproteksi (m ²)
D	diameter tangki (m)
d	diameter anoda (m)
ΔV	<i>driving voltage</i> (V)
f_c	faktor <i>breakdown coating</i>
I_a	kapasitas arus keluaran anoda (A)
I_p	kebutuhan arus proteksi total (A)
I_s	kebutuhan arus proteksi pada jarak S (A)
i_c	kerapatan arus atau <i>current density</i> (mA/m ²)
K	kapasitas anoda (Ah/kg)
l	panjang anoda (m)
N	jumlah anoda
ρ	tahanan tanah (ohm m)
R	resistansi anoda (ohm)
R_H	resistansi anoda horizontal (ohm)
R_v	resistansi anoda vertikal (ohm)
r	jari-jari tangki (m)
S	jarak pemasangan antar anoda (m)
s	apotema atau garis pelukis (m)
SF	<i>safety factor</i>
t	tinggi tangki (m)
u	<i>utility factor</i>
W	berat satu anoda (kg)
W_o	berat anoda total (kg)
Y	umur anoda (tahun)

3.1. Perhitungan Teknis Proteksi Katodik SACP pada Tank Bottom

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

a. Perhitungan Kebutuhan Arus

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

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.

b. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Anoda

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

$$= 519,7339675 \Omega$$

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

$$= 0.001539249 A$$

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

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

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.

c. Perhitungan Jarak Pemasangan

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

$$= 114.1 \text{ kg}$$

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

$$= 6.652322444 m$$

3.2. Perhitungan Teknis Proteksi Katodik ICCP pada Tank Shell

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

a. Perhitungan Kebutuhan Arus

$$A = 2 \cdot \pi \cdot (3.85 m) \cdot (10.2 m)$$

$$= 246.74069 m^2$$

$$I_p = 246,74069 \times 0,4$$

$$= 98,696276 \text{ mA}$$

$$= 0,09869 A$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan arus pada pelat dasar untuk *olein storage tank* kapasitas 450 KL yaitu sebesar 0,09869 A.

b. Perhitungan Kebutuhan Jumlah dan Jarak Pemasangan Anoda

$$I_{ir} = 0,09869 \times 110\%$$

$$= 10,8559 A$$

$$W = \frac{20 \times 0.34 \times 10,8559}{0,9}$$

$$= 82,02757 \text{ kg}$$

$$N = \frac{82,02757}{20}$$

$$= 4,101 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Spasi anoda (ft)} = 16,5 \text{ ft} \approx 5,02 m$$

Pada perhitungan kebutuhan jumlah anoda yang digunakan pada *tank shell* yaitu membutuhkan sebanyak 4 buah dengan jarak anoda radius 5,02 m dimana pada hasil tersebut sudah diberi faktor keamanan sebesar 10% 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.

3.3. Perhitungan Teknis Proteksi Katodik SACP pada Tank Roof

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

a. Perhitungan Kebutuhan Arus

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

$$= 3.90349 m$$

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

$$= \pi \cdot (3.85 m) \cdot (3.90349 m)$$

$$= 47.21323 m^2$$

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

$$= 0.0103869 A$$

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.

b. Perhitungan Jumlah Anoda

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

$$= 519.73396748 \Omega$$

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

$$= 0.001539249 A$$

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

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

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.

c. Perhitungan Jarak Pemasangan

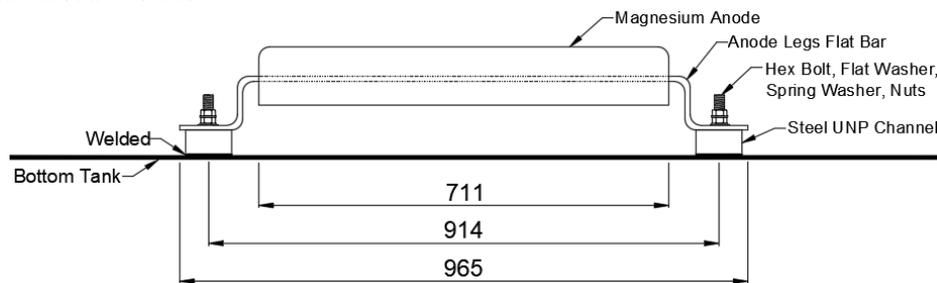
$$W_o = (16.3 \text{ kg}) \cdot (7 \text{ buah})$$

$$= 114.1 \text{ kg}$$

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

$$= 6.744746932 \text{ m}$$

3.4. Penentuan Anoda Proteksi



Gambar 3. 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* pada *tank bottom* dan *tank roof*.

Anoda yang digunakan untuk metode *ICCP* ini menggunakan *Mixed Metal Oxyde (MMO)*. Kelebihan dari *Mixed Metal Oxyde (MMO)* adalah memiliki daya tahan yang lama yaitu masa pakai yang lebih lama yaitu 30-50 tahun sehingga tidak memerlukan pergantian anoda, dialiri arus yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat menjadi pertimbangan penting untuk digunakan sebagai proteksi *SACP* pada *tank shell*.

Dari hasil perhitungan kebutuhan teknis proteksi katodik pada *olein storage tank* kapasitas 450 KL di bagian *bottom, shell, dan roof* didapatkan hasil yang tertera pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Anoda yang Digunakan

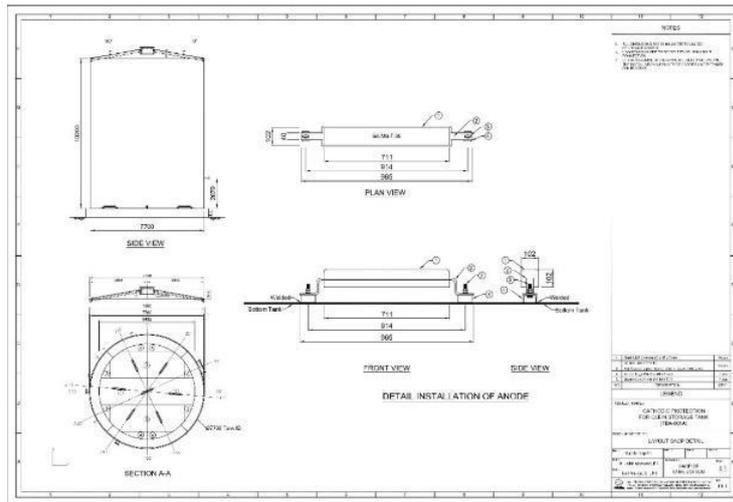
Letak anoda	Kebutuhan arus (A)	Jumlah anoda (buah)	Berat anoda (kg)	Jarak pemasangan (m)
Tank Bottom	0,0102446	7	114.1	6.65
Tank Shell	0,0986963	4	82.02	5.02
Tank Roof	0,0103869	7	114.1	6.74

Dari tabel 4.5 di atas merupakan rangkuman hasil perhitungan dari kebutuhan arus, jumlah anoda yang diperlukan, berat anoda serta jarak pemasangan tiap anoda yang digunakan di bagian *bottom, shell, dan roof* pada tangki *olein*. 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 4 buah yang dipasang secara vertikal dengan berat total sebesar 82.02 kg dan jarak pemasangan tiap

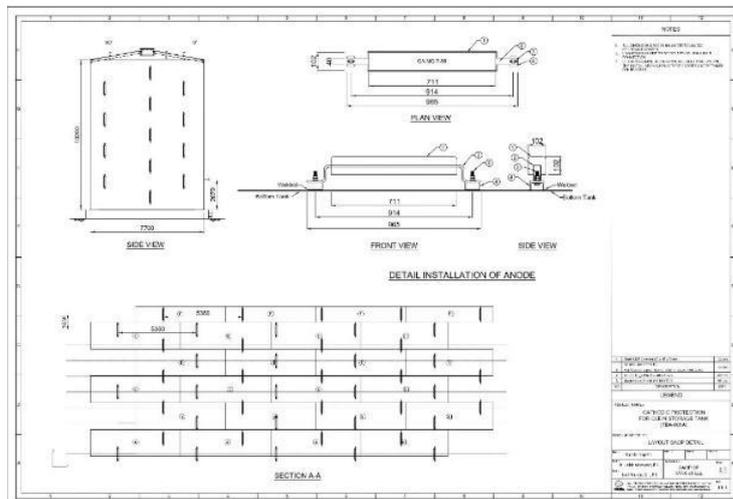
anoda sejauh 5.02 m. Pada *tank roof* membutuhkan anoda sebanyak 7 buah yang dipasang secara horizontal dengan berat total sebesar 114.1 kg dan jarak pemasangan tiap anoda sejauh 6.74 m.

3.5. Detail Desain Gambar Kerja Proteksi Katodik SACP-ICCP

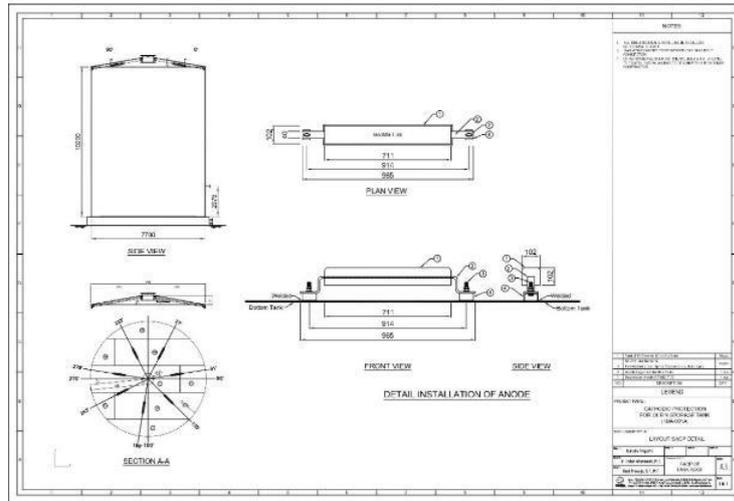
Detail desain gambar kerja yaitu suatu teknik menggambar yang digunakan untuk menjelaskan secara detail tentang produk yang akan dibuat atau dipasang meliputi berbagai unsur yang memuat informasi mengenai dimensi, bahan, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini berdasarkan pada perhitungan yang telah 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 4. Detail desain gambar kerja pada *tank bottom*



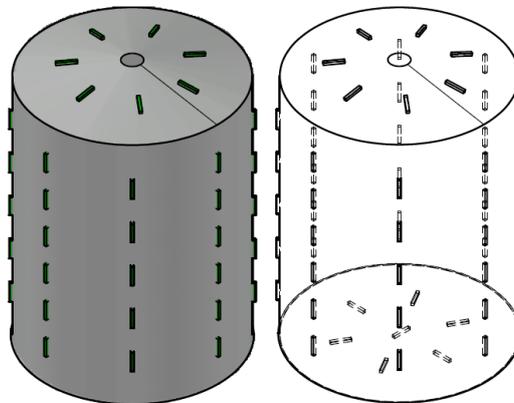
Gambar 5. Detail desain gambar kerja pada *tank Shell*



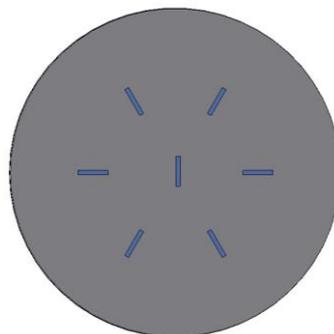
Gambar 6. Detail desain gambar kerja pada tank roof

3.6 Pemodelan 3D Proteksi Katodik

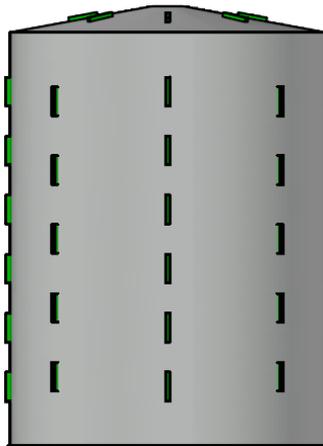
Pemodelan 3D adalah aktifitas penggambaran obyek 3D dimana obyek tersebut mirip dengan kondisi aktual agar mudah untuk dipahami, didefinisikan, diukur, divisualisasikan, atau disimulasikan. Pemodelan dapat digunakan sebagai sarana pendukung sistem yaitu proses dokumentasi guna mempelajari dan melakukan 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*.



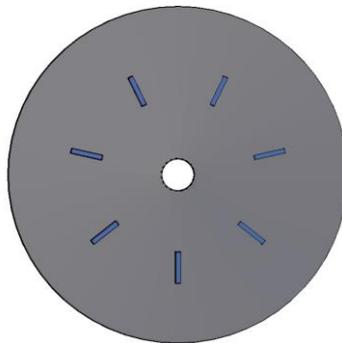
Gambar 7. Detail 3D solid dan wire modelling anode pada olein storage tank



Gambar 8. Detail 3D modelling anode pada tank bottom



Gambar 9. Detail 3D modelling anode pada tank Shell



Gambar 10. Detail 3D modelling anode pada tank roof

3.7 Perhitungan Estimasi Kebutuhan Biaya Total

Perhitungan estimasi kebutuhan biaya total penggunaan anoda pada *olein storage tank* kapasitas 450 KL merupakan estimasi kebutuhan biaya peralatan, biaya *HSE Requirement*, biaya pemasangan, serta biaya tenaga kerja dengan menggunakan metode kombinasi *SACP-ICCP*. Berikut tabel 3 merupakan tabel hasil perhitungan estimasi kebutuhan biaya total penggunaan anoda sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan estimasi kebutuhan biaya total

No	Deskripsi	Total Biaya (Rp)
1	Biaya Peralatan	163.922.745
2	Biaya HSE	10.287.000
3	Biaya Pemasangan	114.111.364
4	Biaya Tenaga Kerja	34.000.000
Total Biaya yang Diperlukan		322.321.109

4 Kesimpulan

Jumlah arus yang diperlukan bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* kapasitas 450 KL dengan diameter 7,7 meter dan tinggi 10,2 meter dengan menggunakan metoda kombinasi *SACP-ICCP* pada *tank bottom* yaitu sebesar 0,0102446 Ampere. *Tank Shell* sebesar 0,0986963 Ampere. *Tank Roof* sebesar 0,0103869 Ampere. Jumlah anoda proteksi yang diperlukan bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* kapasitas 450 KL dengan diameter 7,7 meter dan tinggi 10,2 meter dengan menggunakan metoda kombinasi *SACP-ICCP* pada *tank bottom* sebanyak 7 buah dengan berat 114,1 kg. *Tank shell* sebanyak 4 buah dengan berat 82,02 kg. *Tank roof* sebanyak 7 buah dengan berat 114,1 kg. Jarak pemasangan anoda diperlukan bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* kapasitas 450 KL dengan diameter 7,7 meter dan tinggi 10,2 meter dengan menggunakan metoda kombinasi *SACP-ICCP* pada *tank bottom* radius 6,65 meter tiap anoda. *Tank shell* radius 5,02 meter tiap anoda. *Tank roof* radius 6,74 meter tiap anoda. Estimasi kebutuhan biaya total bagi pemenuhan perlindungan korosi pada tangki *olein* kapasitas

450 KL dengan diameter 7,7 meter dan tinggi 10,2 meter dengan menggunakan metoda kombinasi SACP-ICCP pada olein storage tank kapasitas 450 KL dengan asumsi pekerjaan selama 9 hari ialah sebesar Rp 322.321.109.

5 Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Manajemen dan P3M-PPNS yang telah membantu support pendanaan terkait penelitian ini melalui skema DIPA (Dana Isian Pengguna Anggaran) Internal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, sehingga penelitian ini bisa terselesaikan dan bisa terpublish di Seminar MASTER (Maritim Sains dan Teknologi Terapan) 2023 PPNS.

6. 6Daftar Pustaka

- API. (2014). API 651 : Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tank (4th ed.). American Petroleum Institute.
- Ashworth, V. (2010). Principles of cathodic protection. Shreir's Corrosion, Ed : ... 2. pp2747–2762.
- Avianto, Egi. S (2018). Optimasi proteksi korosi Pipeline pada metode kombinasi SACP-ICCP melalui Penyebaran Tegangan Elektrokimia dan Aspek Cost-Rate
- Chemwiki. (2007). Study Corrosion Sacrifice Anode. Scription of University of California.
- DNV-RP-B401. (2017). DNVGL-RP-B401 Engineering Practice and Guidance: Cathodic Protection Design. Høvik, Norway.: Classification Society Headquartered.
- Fontana, Mars G., 1987, Corrosion Engineering, Singapore: McGraw-Hill Book Company
- 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 at: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1039> (Accessed: February 5, 2023).
- Loke, M.H. (2000) Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies. A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys, 61.
- Nooris, Destio. A (2016). Analisa Perbandingan SACP dan ICCP sebagai Proteksi Katodik untuk Underground Trunkline PGDP
- Robert, B. (2016). NACE corrosion engineer's reference book (4th ed.). Nace International.
- ScienceDirect. (2023, February 3). Coating Breakdown Factor. [sciencedirect.com. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coating-breakdown-factor](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coating-breakdown-factor)