

Perhitungan Pencegahan Korosi pada Lambung Kapal Supply Vessel dengan Metode *Sacrificial Anode*

Arif Fathu Rahmat^{*1}, Nurman Pamungkas^{1*} Hendra Saputra^{2*}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: ariffathurahmat05@gmail.com

Abstrak

Kapal *supply vessel* atau *Platform Supply Vessel (PSV)* adalah kapal yang dirancang khusus untuk memasok kebutuhan platform minyak lepas pantai. Kapal ini memiliki panjang sekitar 65-350 m. Dengan memegang peran yang penting dan bertambahnya permintaan kapal *supply vessel* perlu adanya penambahan unit atau pemeliharaan terhadap kapal berkonstruksi baja tersebut, hal yang menjadi masalah kompleks yaitu sifat air laut yang korosif akan menyebabkan penurunan kualitas baja pada badan kapal sehingga terjadi korosi yang mengakibatkan penurunan kekuatan pada badan kapal. Korosi adalah kerusakan yang umum terjadi pada bagian kapal, korosi terjadi akibat adanya proses oksidasi pada permukaan badan kapal. Analisa ini terbatas pada metode *sacrificial anode* pada lambung kapal dengan paduan *zinc* dan bertujuan untuk mendapatkan perhitungan kebutuhan anoda pada suatu kapal sesuai dengan desain *life time* dan sesuai dengan keinginan pemilik kapal, untuk kasus kali ini membutuhkan 570,78 kg anoda untuk desain *life time* 3 tahun dengan menggunakan paduan anoda *zinc*.

Kata kunci: Lambung Kapal, *Sacrificial anode*, *zinc*

Abstract

A *supply vessel* or *Platform Supply Vessel (PSV)* is a ship specifically designed to supply the needs of offshore oil platforms. This ship has a length of around 65-350 m. By playing an important role and increasing demand for *supply vessels*, it is necessary to add additional units or maintain steel-constructed vessels. This is a complex problem, namely the corrosive nature of sea water which will cause a decrease in the quality of the steel in the ship's hull, resulting in corrosion which results in a decrease in strength. Corrosion is damage that commonly occurs on ship parts, corrosion occurs due to the oxidation process on the surface of the ship's body. This analysis is limited to the *sacrificial anode* method on ship hulls with a *zinc* alloy and aims to obtain a calculation of the anode requirements for a ship in accordance with the design *life time* and in accordance with the wishes of the ship owner. In this case, it requires 570.78 kg of anode for design *life time* 3 years using a *zinc* alloy anode.

Keywords: *ship hull*, *sacrificial anode*, *zinc*

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perusahaan yang bergerak di bidang *offshore* dan *marine*, baik di daratan maupun di laut dalam memiliki masalah yang sama dan kompleks, yaitu mengenai korosi, termasuk industri kapal. Korosi adalah proses rusaknya atau degradasi terutama pada logam akibat reaksi reduksi-oksidasi antara logam dan zat lingkungan lainnya, salah satunya yaitu pada kapal, terutama dibagian lambung luar kapal yang selalu bersentuhan dengan air laut yang bersifat sangat korosif. Namun bentuk pengendalian terhadap korosi sudah sangat maju dan sudah memiliki berbagai jenis bentuk pengendalian, yaitu *inhibitor*, cat dan *coating*, perlindungan elektrokimia, desain, modifikasi lingkungan, dan lain-lain. Namun perlindungan yang umum di gunakan pada industri perkapalan yaitu cat dan *coating* serta perlindungan elektrokimia yaitu dengan menggunakan *sacrificial anode*. Perlindungan ini memiliki kelebihan, yaitu biaya perawatan rendah, tidak memerlukan perawatan jangka pendek, tidak memerlukan arus tambahan dari luar, stabil dalam mencegah korosi, dan instalasi mudah[1].

Setiap korosi yang terjadi pada plat memiliki laju yang berbeda, hal ini di sebabkan berbagai faktor mulai dari pengotor biologis pada badan kapal yang tumbuh tidak merata, pemasangan *sacrificial anode* yang tidak tepat sehingga kerapatan arus pada badan atau lambung kapal berbeda, serta adanya bagian pada kapal yang terbuka atau rusak akibat benturan badan kapal dengan dermaga atau dasar laut yang mengakibatkan suatu bagian mengalami *accelerated corrosion* atau korosi yang lebih cepat.

Pada kasus korosi ini terdapat banyak standar yang mengatur salah satu yang penulis gunakan yaitu DNV -RP-B401 dan bahan dasar *sacrificial anode* yang biasa di gunakan yaitu seng dan aluminium pemilihan bahan dan umur *sacrificial anode* biasanya di tentukan oleh pemilik yang di cantumkan dalam laporan desain perlindungan katodik pada masing-masing kapal[2].

1.2 Tujuan Penelitian

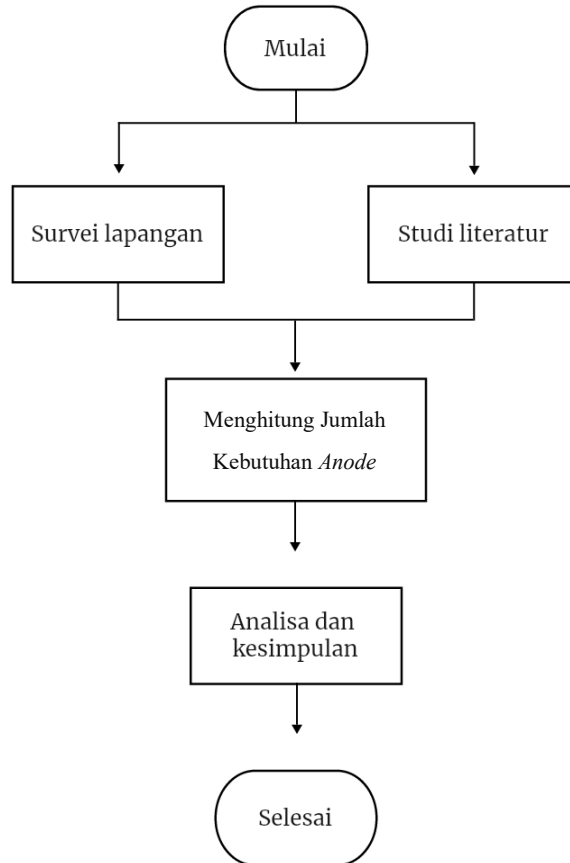
Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini yaitu proteksi korosi pada badan kapal mempunyai peran yang sangat penting agar dapat melindungi dari korosi dan mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi. Oleh karena, itu pemilihan jenis untuk pengendalian terhadap korosi mempunyai dampak yang besar dan perhitungan yang baik agar *sacrificial anode* yang di gunakan berfungsi melindungi secara maksimal dan sesuai dengan waktu yang ditentukan saat perancangan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas tugas akhir ini agar sistematis, maka ruang lingkup perlu dibatasi agar terhindar dari pelebaran masalah yang tidak terarah pada topik atau permasalahan utama. Maka perlu adanya batasan-batasan, antara lain pengujian ini hanya terbatas pada kapal *supply vessel*, objek penelitian ini didapat di proyek kapal *supply vessel* di PT ASL Marine Batam, yaitu pada kapal REM AQUARIUS dengan panjang keseluruhan (*leng overall*) 88 m dan lebar (*beam*) 18 m yang memiliki material *mild steel grade A* yang mempunyai kekuatan tarik setara dengan ASTM A131 *grade A* dan ASTM A514. Proyek yang dilakukan yaitu penggantian *anode* dengan *life time* yang diminta oleh pemilik kapal dan dengan tetap mempertahankan *anode* pada titik sebelumnya yaitu 78 titik. Pembahasan ini terbatas pada penggunaan *sacrificial anode* dengan Paduan *zinc*.

2 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan oleh penulis bertujuan untuk mendapatkan informasi dan perlindungan dengan menggunakan *sacrificial anode*, dan dengan mengacu pada DNV-RP-B401. Agar penelitian ini lebih terarah, penulis menggunakan sistem *flowchart* yang disusun secara sistematis dan dilengkapi pula dengan data dan penjelasan yang penulis dapat selama melakukan penelitian pada materi ini. Berikut merupakan konsep *flowchart* yang digunakan oleh penulis.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan survei lapangan dan studi literatur, dimana dari metode tersebut peneliti bisa merencanakan perhitungan kebutuhan *sacrificial anode* pada lambung kapal sesuai permintaan dari pemilik dengan mengacu pada standar DNV-RP-B401[3].

2.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu pengerjaan penelitian tugas akhir yang berjudul "Perhitungan Pencegahan Korosi Pada Lambung Kapal *Supply Vessel* Dengan Metode *Sacrificial Anode*" dilakukan di PT ASL Marine Batam dan dilaksanakan pada 19 Februari 2024 – 19 Juni 2024.

2.3 Perencanaan

2.3.1 Perhitungan Kebutuhan Massa *Anode* Total

Kebutuhan massa *anode* ini dihitung untuk mempertahankan proteksi selama umur desain. Berdasarkan DNV (2005), perhitungan jumlah *anode* bisa berdasarkan kebutuhan arus atau kebutuhan berat *anode*. Pada analisis kali ini, peneliti menggunakan perhitungan berdasarkan kebutuhan berat *anode*[3].

$$Ma = \frac{Y \times 8766 \times A \times C}{1000 \times Z \times U}$$

dimana:

Ma : Kebutuhan Massa Anoda (Kg)

Y : *Life Time* (years)

A : *Wetted Surface Area* (m²)

C : *Current Density* (Ocean Going Ships)

Z : *Energy Content* (Ah/kg)

U : *Anode Utilisation Factor*

2.3.2 Perhitungan Jumlah *Anode*

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan berat *anode* per satuan yang di butuhkan dan menyesuaikan dengan katalog yang tersedia di industri atau menyesuaikan dengan jumlah titik peletakan *anode*.

$$Waf = \frac{Ma}{ka}$$

dimana:

ka : Jumlah anoda

Ma : Massa anoda yang dibutuhkan (kg)

Waf : Massa tiap satu anoda dengan menggunakan tipe (kg)

3 Analisa Data dan Pembahasan

3.1 Survey Lapangan & Studi Literatur

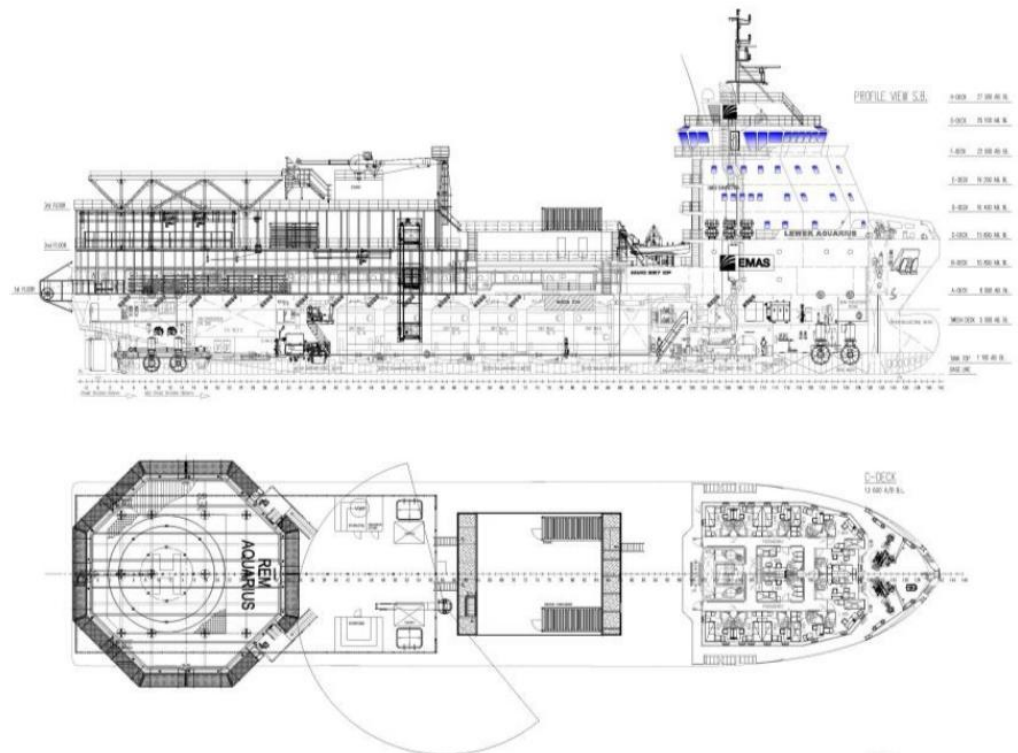
Perhitungan ini bertujuan agar lambung atau bagian kapal yang ingin dilindungi mendapat perlindungan maksimal oleh *anode* yang akan di pasang nantinya. Pada kasus kali ini pemilik dari kapal Rem Aquarius meminta untuk mengganti *zinc anode* dengan umur yang berbeda dari yang sebelumnya yaitu 2,5 tahun menjadi 3 tahun. Pada umumnya pergantian *anode* biasa menggunakan dokumen yang sudah tercantum pada kapal tersebut yang memuat katalog atau tipe dari *anode* yang di gunakan saat kapal akan melakukan perbaikan berkala. Namun apabila ada perubahan atau hal yang berbeda dari dokumen, akan ada kesepakatan dari pemilik dan kontraktor dimana kapal tersebut melakukan *dock* atau perbaikan dan menggunakan standar acuan yaitu DNV-RP-B401 untuk mendapatkan perhitungan yang tepat, sesuai dengan standar, dan sesuai yang diinginkan oleh pemilik kapal.

3.2 Menghitung Massa Anode Yang Di Butuhkan

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan rumus sederhana yang biasa digunakan di *industry shipyard* dan mengacu pada standar yang digunakan.

3.2.1 Data Kapal

Data kapal yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah data kapal Rem Aquarius yang melakukan dock dan perbaikan di PT ASL Marine Batam. Berikut gambar 2D dan data yang di gunakan[4].



Gambar 2. Drawing 2D tampak samping & atas dari kapal Rem Aquarius

Tabel 1. Komposisi Kimia Zinc Alloy Anode[3]

	U.S.-Mil-A-1800 I J
Aluminium	0.10 – 0.50 %
Cadmium	0.025 – 0.07 %
Iron	0.005% max
Copper	0.005% max
Lead	0.006% max
Others	0.10% max
Zinc	Remainder
Nominal Potential	-1.05 V.Ag/AgCl
Nominal Current Capacity	780 Ah/kg

Tabel 2. Data kapal yang digunakan untuk perhitungan

Item	Nilai
<i>LOA</i>	87,90 m
<i>LOW</i>	87 m
<i>Beam</i>	18 m
<i>Draft</i>	3,8 m
<i>Life Time</i>	3 years
<i>Current Density^a</i>	10 mA/m
<i>Energi Content / Current Capacity</i>	780 Ah/kg
<i>Anode Utilisation Factor^b</i>	0,85
<i>Wetted Surface Area</i>	1439 m ²

Note: ^a. Untuk nilai *current density* digunakan dari kecepatan rata rata kapal saat berlayar.

Contoh: kecepatan kapal 10 knot = 10 mA/m.

^b. Nilai *anode utilization factor* menyesuaikan dengan jenis anoda yang di gunakan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Anode Utilisation factor[2]

<i>Anode Type</i>	<i>Anode Utilisation Factor</i>
<i>Long slender stand-off</i>	0,90
<i>Short slender stand-off</i>	0,85
<i>Long flush mounted</i>	0,85
<i>Short flush mounted,bracelet dan tipe lainnya</i>	0,80

Tabel 4. Katalog anoda *flush mounted*[5]

TYPE	Dimensi anoda (L x W x T) mm	Dimensi core (p x l x t) mm	Berat Nett (Kg)	Berat Gross (Kg)
S-2	150 x 70 x 20	230 x 24 x 3	1.87	2.0
S-3	200 x 100 x 20	300 x 38 x 3	2.60	3.0
S-4	200 x 100 x 30	300 x 38 x 3	3.80	4.2
S-6	300 x 150 x 20	270 x 30 x 4	5.75	6.0
S-8	300 x 150 x 25	270 x 30 x 4	7.25	8.0
S-9	300 x 150 x 30	270 x 30 x 4	8.75	9.5
ZV-320	270 x 150 x 32	350 x 40 x 6	5.5	6.0
ZV-450	400 x 150 x 32	530 x 40 x 6	11.1	12.1
ZV-165	550 x 150 x 25	650 x 40 x 6	16.5	18.0

3.2.2 Perhitungan

Pada perhitungan kali ini penulis menggunakan metode dengan menghitung kebutuhan anoda berdasarkan jumlah massa anoda yang di butuhkan,yaitu sebagai berikut:

$$Ma = \frac{Y \times 8766 \times A \times C}{1000 \times Z \times U}$$

dimana:

Ma : Kebutuhan Massa Anoda (Kg)

Y : *Life Time* (years)

A : *Wetted Surface Area* (m²)

C : *Current Density (Ocean Going Ships)*

Z : *Energy Content* (Ah/kg)

U : *Anode Utilisation*

$$Ma = \frac{3 \times 8766 \times 1439 \times 10}{1000 \times 780 \times 0,85}$$

$$Ma = \frac{378.428.220}{663.000}$$

$$Ma = 570,78 \text{ kg}$$

Setelah mengetahui jumlah massa total anoda yang di butuhkan, selanjutnya melakukan perhitungan berat anoda per satuan,dengan jumlah titik 78 titik anode engan rumus sebagai berikut.

$$Waf = \frac{Ma}{ka}$$

dimana:

ka : Jumlah anoda

Ma : Massa anoda yang dibutuhkan (kg)

Waf : Massa tiap satu anoda (kg)

$$Waf = \frac{Ma}{ka}$$

$$Ka = \frac{570,78}{78}$$

$$ka = 7,3 \text{ kg}$$

Setelah diketahui berat satuan dari anoda yang di butuhkan, selanjutnya akan di lakukan pembelian anoda yang tersedia di pasaran atau yang tersedia di gudang kontraktor dengan mendengarkan pertimbangan dari pemilik kapal dan estimasi waktu yang ada. Pada kasus ini dilakukan pembelian anoda tipe S-8 dengan nett 7,25 kg.

Untuk melindungi permukaan yang luas dan diterapkan proses coating akurasi -5/+10% sudah cukup[2].

3.2.3 Pemasangan Anode

Karena pemilihan *anode* ini menggunakan jenis *long flush mounted* yang mempunyai nilai *utilisation* 0,85. Pada proses pemasangan ini di pasang tepat di tempat lama dan pemasangan menggunakan proses pengelasan pada kedua kaki *anode* dengan sempurna lalu dilakukan inspeksi secara keseluruhan pada *anode* yang sudah di pasang.



Gambar 4 & 5. *Anode* yang terpasang pada badan kapal

4 Kesimpulan

Dengan menggunakan metode *anode sacrificial* dengan bahan *zinc*, yang mengacu pada standar DNV-RP-B401. Metode anode korban memiliki banyak keuntungan. Beberapa di antaranya adalah biaya perawatan yang rendah, instalasi yang mudah, dan tidak memerlukan arus tambahan dari luar.

Studi ini melibatkan kapal Rem Aquarius yang berada di PT ASL Marine Batam. Untuk memberikan perlindungan selama umur desain tiga tahun, *anode* harus memiliki massa 570,78 kg, dengan faktor utilisasi 0,85, dipasang pada kedua kakinya melalui proses pengelasan, menurut data spesifik kapal.

Sesuai dengan standar DNV-RP-B401 dan memenuhi persyaratan pemilik kapal, metode *sacrificial anode* ini diharapkan dapat memberikan perlindungan yang efektif terhadap korosi pada lambung Kapal sesuai dengan keinginan pemilik dan kontraktor karena standar ini bersifat fleksibel apabila sudah memiliki acuan atau keinginan pemilik seperti pada seperti yang di terdapat di DNV-RP-B401 *Chapter 6.1.4*[2].

5 Daftar Pustaka

- [1] T. Fristiansyah and T. A. Kristiyono, "Pengaruh Pengelasan Berulang Terhadap Laju Korosi Pelat Badan Kapal," pp. 111–116, 2019.
- [2] D. N. V. DNV-RP-B401, "Dnv-Rp-B401 Cathodic Protection Design," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, no. January, 2005.
- [3] F. L. Sandra, "Analisis Perbandingan Kinerja Sacrificial Anode Paduan Aluminium WT S-4 Al dengan Paduan Seng WT S-4 Zn Untuk Perlindungan Korosi Pada Kapal," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, no. July, pp. 1–23, 2017.
- [4] M. V. R. E. M. Aquarius, D. Crane, and D. Crane, "Special Service Vessel – Seismic Research".
- [5] J. Timur, P. Office, T. Mark, and S. Activities, "Catodhic Protection Alluminium Anode & Zinc Anode Catodhic Protection Alluminium Anode & Zinc Anode," 2010.