

STUDI PENGARUH SACRIFICIAL ANODE PADA KAPAL TERHADAP LAJU KOROSI

S. T. A. Lekatompessy¹, O. Metekohy² dan, Mansye Ronal Ayal³

¹Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97234

E-mail: sonja.lekatompessy@gmail.com

²Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97234

Email : bobmetekohy2710@gmail.com

³Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97234

Email : andremonta82@gmail.com

Abstrak Hal terpenting dalam proses perawatan kapal adalah pemeliharaan lambung kapal baja terutama pada bagian permukaan basah kapal mengalami proses korosi sangat cepat dibandingkan bagian yang lain. Penggunaan sacrificial anoda, satu di antaranya zink anoda, merupakan salah satu cara untuk mengurangi laju korosi. Berat zink anoda memegang peranan penting untuk mengetahui berapa jumlah sacrificial anoda yang harus dipasang pada bagian permukaan basah kapal dalam menahan laju korosi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh berat zink anoda terhadap laju korosi. Diperlukan data berat zink anoda yang terpasang pada kapal dan dan berat zink anoda hasil perhitungan secara teoritis. Analisis hasil perhitungan berdasarkan pemilihan zink anoda yang sesuai dengan kebutuhan dan juga dengan melihat berat zink anoda yang dapat menekan laju korosi. Hasil penelitian ini, dari grafik terlihat kapal pertama pada tahun ke-3 sampai tahun ke-5 ada penambahan berat zink anoda sebesar 64,365 kg, laju korosi menurun hingga mencapai 0.0339 mm/tahun pada tahun ke-4 dan ke-5. Kapal kedua, tahun ke-1 hingga tahun ke-5 tidak ada penambahan zink anoda, laju korosi meningkat hingga tahun ke-5 mencapai 0.0706 mm//tahun. Kapal ketiga, jumlah berat zink anoda terpasang tahun ke-1 hingga tahun ke-5 sangat kurang jumlahnya sebesar 32.472 kg, laju korosi terbesar pada tahun ke-2 sebesar 0.2523 mm/tahun.

Kata kunci: Zink anoda, laju korosi

Abstract *The most important thing in the ship maintenance process is the maintenance of the steel hull, especially on the wet surface of the ship, which experiences a very fast corrosion process compared to other parts. The use of sacrificial anodes, one of which is zinc anodes, is one way to reduce the rate of corrosion. The weight of the zinc anode plays an important role in determining how many sacrificial anodes must be installed on the underwater surface area of the ship to withstand the rate of corrosion. This study aims to determine the effect of zinc anode weight on corrosion rate. Data is required on the weight of the zinc anode installed on the ship and the weight of the zinc anode calculated theoretically. Analysis of the calculation results is based on the selection of zinc anodes that are in accordance with the needs and also by looking at the weight of the zinc anode that can suppress the corrosion rate. The results of this study, from the graph, show that the first ship in the 3rd to 5th year had an additional weight of zinc anode of 64.365 kg, the corrosion rate decreased to 0.0339 mm/year in the 4th and 5th years. The second ship, in the 1st to 5th year there was no additional zinc anode, the corrosion rate increased until the 5th year reaching 0.0706 mm/year. The third ship, the total weight of the zinc anode installed in the 1st to 5th year was very low, amounting to 32,472 kg, the highest corrosion rate in the 2nd year was 0.2523 mm/year.*

Keywords: Zinc anode, corrosion rate

1. PENDAHULUAN

Salah satu masalah utama dalam konstruksi baja adalah korosi. Korosi merupakan kerusakan logam karena reaksi redoks logam dengan berbagai zat di sekitarnya yang menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan. [1].

Proteksi katodik adalah salah satu metoda pengendalian laju korosi secara logam sebagai katoda. Proteksi katodik sangat penting untuk mengurangi laju korosi pada luas permukaan bawah termodinamika dengan cara memperlakukan struktur air pelat lambung. [2].

Pengendalian korosi kapal meliputi material baja, lapisan pelindung, dan perlindungan katodik, yang harus dipertimbangkan dalam semua tahap kehidupan kapal. Lapisan pelindung merupakan elemen utama pengendalian korosi. Pemilihan dan pemasangan lapisan sangat penting untuk masa pakai yang diharapkan. Pemilik kapal perlu berkomunikasi dengan produsen pelapis dan galangan kapal untuk pemilihan dan pengadaan material pelapis dan proses aplikasi, termasuk persiapan permukaan dan aplikasi serta inspeksi pelapis, untuk mencapai masa pakai pelapis yang diharapkan dengan sebaik-baiknya. Material pelapis yang dipilih dengan tepat dan praktik aplikasi untuk kapal-kapal besar dan kompleks ini melibatkan investasi finansial yang signifikan untuk mencapai masa pakai yang lebih lama dengan perawatan dan perbaikan minimum, yang pada gilirannya, meningkatkan keamanan jiwa dan harta benda serta pelestarian lingkungan alam [3].

Korosi merupakan penyebab sebagian besar kerugian korosi total, sehingga memberikan dorongan untuk penyelidikan dan pengembangan lebih lanjut terkait dengan perlindungan korosi guna menyediakan bahan dan peralatan pencegah korosi bagi sistem transportasi dan industri. Korosi merupakan salah satu proses alamiah yang paling umum dipelajari oleh termodinamika, yang meliputi proses oksidasi, gangguan logam, dan efek kimia dan elektrokimianya di bawah pengaruh lingkungan [4].

Laju pengausan berperan penting untuk mengetahui seberapa besar zink Anode dapat memenuhi kebutuhan luas permukaan bawah air pelat lambung untuk mengurangi laju korosi. Untuk mengetahui kemampuan Zink Anode yang dipasang, dibutuhkan data laju korosi dalam 5 tahun terakhir dari 3 kapal dan juga jumlah Zink Anode yang digunakan setiap tahunnya. Dari hasil penelitian ini, laju keausan yang cenderung tetap dan menurun dapat menurunkan laju korosi [5].

Korosi mempunyai dampak yang besar terhadap efisiensi operasional proses industri dan pabrik. Korosi suatu logam terutama dipengaruhi oleh potensi logam dan pH lingkungan. Namun, faktor lingkungan lain seperti suhu, oksigen, dan bahan tambahan juga berkontribusi, menyebabkan daerah korosi, pasivasi, dan kekebalan. Korosi tidak selalu terjadi secara merata di seluruh permukaan logam, namun terjadi di lokasi tertentu yang mengakibatkan percepatan yang signifikan. Korosi dapat lebih dipahami dengan menerapkan prinsip dasar termodinamika dan kinetika elektrokimia [6].

Persyaratan kerapatan arus anoda korban seng untuk perlindungan korosi lambung aluminium AA5083-H321 untuk kapal ditentukan melalui berbagai uji elektrokimia. Pengamatan permukaan dan analisis komposisi kimia dilakukan setelah uji galvanostatik untuk berbagai persyaratan kerapatan arus yang ditentukan oleh percobaan polarisasi katoda. Hasilnya, kisaran persyaratan kerapatan arus yang paling tepat ditentukan sebesar $3,7 \times 10^{-6}$ – $5,8 \times 10^{-6}$ A/cm². Kerapatan arus yang berlebihan di atas $7,6 \times 10^{-6}$ A/cm² menyebabkan kerusakan permukaan lokal karena pengaruh fase intermetalik yang kaya Mg dan kaya Fe. [7].

ZAP (Zink Anode Protection) merupakan salah satu metode untuk mengurangi laju korosi pada kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan proteksi yang optimal terhadap laju korosi dengan menganalisis penggunaan data ZAP di lapangan dan hasil perhitungan data penggunaan ZAP sehingga penggunaan luas permukaan ZAP yang terpasang tepat sesuai kebutuhan akan menurunkan laju korosi. Untuk mengetahui kemampuan ZAP terpasang, dibutuhkan data laju korosi 5 tahun terakhir dari 9 kapal dan juga jumlah anoda korban ZAP yang digunakan setiap tahunnya. Dari grafik hasil perhitungan ZAP sesuai teori dan hasil penggunaan ZAP pada sembilan kapal, diperoleh hasil yang jelas bahwa penambahan luas permukaan ZAP dan kenaikan berat ZAP berpengaruh terhadap penurunan laju korosi pada kapal No.2, No.3, dan No.4, penambahan luas permukaan ZAP berpengaruh terhadap penurunan laju korosi sebesar 0,0138 mm/tahun menjadi 0,0339 mm/tahun. Sedangkan pada kapal No. 1, kapal No. 5, kapal No. 6, kapal No. 7, kapal No. 8 dan kapal No. 9 penambahan luas permukaan dan berat ZAP mempengaruhi laju korosi namun tidak signifikan, laju korosi yang dihasilkan sebesar 0,0371 mm/tahun hingga 0,0735 mm/tahun [8].

Korosi merupakan proses alami yang menyebabkan degradasi material logam dan

nonlogam secara perlahan akibat reaksi lingkungan. Korosi mempengaruhi banyak material, termasuk keramik, polimer, dan komposit, meskipun korosi terutama terjadi pada material logam. Bab ini membahas tentang dampak korosi terhadap lingkungan dan organisme. Korosi diperkirakan menimbulkan kerugian miliaran dolar bagi dunia usaha, kota, dan militer setiap tahunnya. Biaya keseluruhan korosi dibagi menjadi dua jenis utama: langsung dan tidak langsung. Bab ini membahas studi mutakhir mengenai dampak korosi termasuk laporan Uhlig, laporan Hoar, laporan ekonomi input/output, studi FHWA AS (2002), dan studi terbaru International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies oleh Amerika Serikat yang diterbitkan pada tahun 2016. Bab ini juga mencakup batasan seri galvanik, sel korosi, EMF, dan unit korosi [9]

Penambahan korosi, sebagaimana didefinisikan oleh International Association of Classification Societies (IACS), merupakan tindakan desain proaktif terhadap kerusakan struktural yang disebabkan oleh korosi. Sehubungan dengan perawatan dok kering secara berkala (misalnya, pelapisan dan pembaruan baja), penambahan korosi ditujukan untuk mempertahankan fungsionalitas yang diinginkan dari kapal yang mengalami korosi menjelang akhir masa pakainya. Diharapkan bahwa penambahan korosi dapat meningkatkan kekuatan lambung dan menghemat biaya perawatan seumur hidup. Namun, manfaat investasi baja di muka dalam penambahan korosi terhadap biaya siklus hidup kapal, termasuk konstruksi, perawatan dok kering, dan konsekuensi kegagalan, masih belum jelas. [10].

Adapun masalah yang ditinjau adalah kebutuhan zink anoda terpasang yang masih belum mencukupi kebutuhan kapal. Masalah ini ditinjau karena berhubungan langsung dengan efisiensi kerja dari zink anoda, yang dari hasil perhitungan akan terlihat apakah masalah yang ditinjau tersebut berpengaruh pada laju korosi pada pelat lambung basah kapal baja.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berat zink anoda terpasang terhadap laju korosi kapal baja.

2. BAHAN DAN METODE

Untuk mendapatkan data berat pelat terkorosi dengan cara merubah pengurangan ketebalan pelat (mm) tiap tahun ke dalam ukuran weight loss (gr) untuk mendapatkan laju korosi dari persamaan berikut [11]:

$$C_R = 87,6 \times \left(\frac{W}{DAT} \right) \quad (\text{mm/tahun}) \quad (1)$$

di mana, W = massa yang hilang akibat terkorosi (mg);

D = rapat massa (gr/cm³)
= 7.8 mgr/m³ atau 490lb/ft³;

A = luas permukaan (in²);

T = lama pengujian (hari).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tabel dan Gambar

Berat zink anoda dapat dilihat pada tabel 1, table 2 dan table 3 di bawah ini:

Tabel 1. Berat Zink Anoda Sebelum Terpakai

No.	BERAT ZINK ANODA SEBELUM TERPAKAI (kg)				
	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5
1	347.0	347.0	347.0	411.3	411.3
2	188.5	188.5	188.5	188.5	188.5
3	125.7	125.7	125.7	134.2	134.2

Tabel 2. Berat Total Zink Anoda Tersisa

No.	BERAT TOTAL ZINK ANODA TERSISA PER TAHUN (kg)				
	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5
1	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0
2	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1
3	158.7	158.7	138.7	166.1	166.1

Keterangan:

Berat total zink anoda tersisa setelah 1 tahun periode docking berlalu tahun pertama

Tabel 3. Berat Total Zink Anoda Tersisa

No.	BERAT TOTAL ZINK ANODA TERSISA (kg)				
	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5
1	202.0	202.0	202.0	268.6	268.6
2	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4
3	-40.2	-40.2	-40.2	-31.9	-31.9

Keterangan:

Berat zink anoda tersisa didapat dari pengurangan Zink Anoda sebelum terpakai dalam (Tabel 1) dengan Zink Anoda terpakai (Tabel 2).

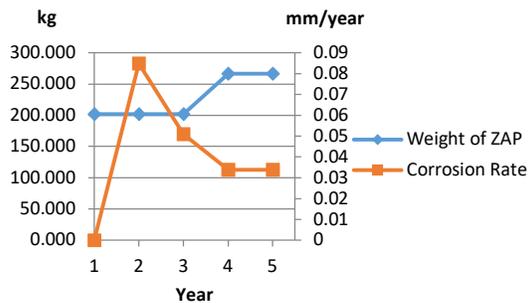
Tabel 4. Laju Korosi Pada Kapal

VESSEL	YEAR	LAJU KOROSI (mm/tahun)				
		1	2	3	4	5
1	-	0.0848	0.0509	0.0339	0.0339	
2	-	0.0430	0.0423	0.0564	0.0706	
3	-	0.2523	0.0194	0.0582	0.0388	

Keterangan:

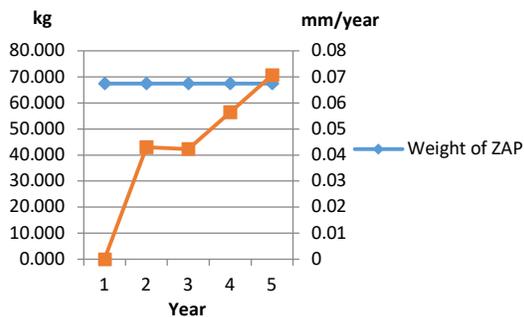
Laju korosi pada tahun pertama tidak mempunyai nilai karena merupakan titik awal yang mana laju korosi diambil dari *weight loss* setelah satu tahun periode docking berlalu.

Dari ketiga kapal, grafik hubungan korelasi yang terjadi antara berat zink anoda hubungannya dengan laju korosi dapat dilihat pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3 berikut ini:



Gambar 1. Grafik korelasi *corrosion rate* dan *Weight of ZAP* pada kapal 1

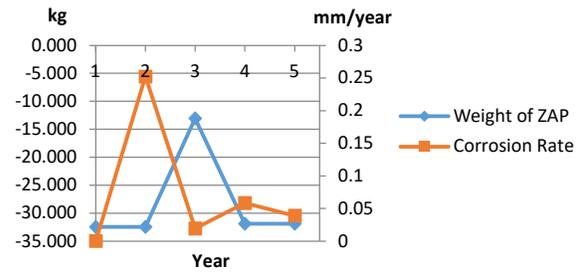
Dari grafik pada gambar 1, terlihat kapal pertama pada tahun ke-3 sampai tahun ke-5 ada penambahan berat zink anoda sebesar 64,365 kg, laju korosi menurun hingga mencapai 0.0339 mm/tahun pada tahun ke-4 dan ke-5.



Gambar 2. Grafik korelasi *corrosion rate* dan *Weight of ZAP* pada kapal 2

Dari grafik pada gambar 2, kapal kedua, tahun ke-1 hingga tahun ke-5 tidak ada penambahan zink anoda, laju korosi meningkat hingga tahun ke-5

mencapai 0.0706 mm//tahun.



Gambar 1. Grafik korelasi *corrosion rate* dan *Weight of ZAP* pada kapal 3

Dari grafik pada gambar 3, Kapal ketiga, jumlah berat zink anoda terpasang tahun ke-1 hingga tahun ke-5 sangat kurang jumlahnya sebesar 32.472 kg, laju korosi terbesar pada tahun ke-2 sebesar 0.2523 mm/tahun.

KESIMPULAN

Pada Kapal 1 & 2, berat sisa zink anoda yang terpasang pada Kapal 1 dan 2 ternyata lebih dari separuh berat total anoda seng sebelum digunakan. Pemilihan jenis anoda seng yang tepat akan sangat membantu mengurangi berat anoda seng yang berlebih sehingga dapat digunakan secara efisien. Jumlah anoda seng yang berlebih tidak menjamin tercapainya proteksi yang optimal. Terlihat jelas pada tahun ke-2 laju korosi mencapai 0,0848 mm/tahun pada Kapal 1 dan 0,0706 mm/tahun pada Kapal No.2. Akan tetapi, laju korosi pada kedua kapal tersebut masih dalam kisaran sangat baik. Berat zink anoda yang terpasang pada kapal 3 kurang dari yang seharusnya, laju korosi tinggi pada tahun ke-2 mencapai 0,2523 mm/tahun, meskipun demikian, laju korosi tertinggi pada kapal ini masih dalam kisaran baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Pattimura sebagai penyandang dana (dana PNBK Fakultas Teknik) sehingga penelitian ini dapat selesai sesuai jadwal yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Atras, M. H. A., Budiarto, U., Manik, P., (2024). Analisis Pengaruh Coating Polyurethane dan Elektroplating Zink terhadap Laju Korosi Baja A36 Jurnal Teknik Perkapalan 12,

- <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/48626>
- [2] Mahendra, T. I., Dwisetiono, D., (2022). Proteksi Katodik Menggunakan Zinc Anode Untuk Menghambat Korosi Pada Lambung Kapal Port Link Vii Jakarta. *Zona Laut* **3**, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/494/1/012086#references>,
- [3] Chao W., George W., Marcus C., David L. O. and Stephen L., Handbook of Environmental Degradation of Materials (Third Edition) *Corrosion Protection of Ships* pp. 533-557, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-52472-8.00026-5>, (2018)
- [4] Urbahs, A., Savkovs, K., Rijkuris, G., & Andrejeva, D.,. (2018). Corrosion and Wear Analysis in Marine Transport Constructions. *Transport and Aerospace Engineering*. **6** 5-14. [10.1515/tae-2018-0001](https://doi.org/10.1515/tae-2018-0001)
- [5] Lekatompessy, S. T. A., (2023). The wear rate of zinc anode on surface underwater of ships in reducing corrosion rate AIP Conf. Proc. AIP Publishing **2588** <https://doi.org/10.1063/5.0111844>
- [6] Smithers, G. W. (2022). *Corrosion Academic Press* 231-238 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00375-5>
- [7] Park, I. C., Kim S. J., (2020). Determination of Corrosion protection current density requirement of zinc sacrificial anode for corrosion protection of AA5083 H321 in seawater. *Elsevier* **509** <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.14534>
- [8] Sonja T. A. L. and Richard L.(2021). AIP Conference Proceedings 2360, Analysis of the Effect of Protection System Installation Cathode and Sacrificial Anode (Zn) on Corrosion Rate of Steel Vessels, <https://doi.org/10.1063/5.0059554>
- [9] Hussain, C. M., Verma C, Aslam, J., Aslam, R., Zehra, S. (2023). Corrosion protective coatings *Elsevier* **21** 283-321 <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95185-2.00021-6> .
- [10] Gong, C., Frangopol, M., and Cheng M. (2020). Risk based decision making on corrosion delay for ship hull tankers. *Engineering Structures*. **212** <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110455>
- [11] Trethewey, K. R., (1993) *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Penerbit PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.