

# ANALISA PERBANDINGAN LAJU KOROSI LAMBUNG KAPAL DENGAN APLIKASI PADUAN ALUMUNIUM

*by* Sulaiman Sulaiman

---

**Submission date:** 24-Apr-2020 03:52PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1306398201

**File name:** u\_Korosi\_Lambung\_Kapal\_dengan\_Aplikasi\_Paduan\_Alumunium\_sdh.pdf (96.21K)

**Word count:** 3844

**Character count:** 20948

## ANALISA PERBANDINGAN LAJU KOROSI LAMBUNG KAPAL DENGAN APLIKASI PADUAN ALUMINIUM

Eko Julianto Sasono<sup>1)</sup>, Sulaiman<sup>1)</sup>, Seno Darmanto<sup>2)</sup>, Edy Supriyo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Diploma III Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

<sup>2)</sup>Program Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

<sup>3)</sup>Program Diploma III Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

### Abstract

*The research aims determine the effectiveness of the use of aluminum alloy as sacrificial anode for cathodic protection of hull plates and knows the needs of sacrificial anode that is used to slow the average rate of corrosion in the hull plates in seawater. This research method laboratory experiments. Test specimen for experimental laboratory is a steel plate AISI E 2512, three kinds of aluminum alloy sacrificial anode products are different (the product A, Al = 86.118%, the product B Al = 85.097% and the product C Al = 97.665%) and use of sea water media with a salinity of 37 %. Results of corrosion testing in the laboratory can prove that among of the three aluminum alloy sacrificial anode mounted on steel plates of AISI E 2512 ships haven is the most optimal performance is the product of aluminum alloy sacrificial anode C, because it has the average corrosion rate of the lowest vessel steel plate at 0.065 mm/year. From this research it is known that aluminum alloy sacrificial anode product C has the optimal performance, meaning it slows the rate of corrosion of steel plate AISI E 2512 that can truly serve as the sacrificial anode.*

**Key words:** Ship steel plate , Aluminum alloy sacrificial anode, Corrosion rate

### PENDAHULUAN

Salah satu sumber kerusakan terbesar pada pelat kapal laut adalah korosi air laut. Air laut mempunyai sifat korosif sehubungan dengan kandungan di dalamnya meliputi ion klorida, kehantaran listrik, oksigen, kecepatan aliran, temperatur, fouling, tegangan, pencemaran, silt dan sendimen tersuspensi, deposit yang terbentuk (Fontana, 1986). Ion klorida mempunyai sifat korosif terhadap logam yang mengandung besi. Baja karbon dan logam besi di dalam air laut tidak dapat dipasifkan sehubungan garam air laut mengandung klorida lebih dari 55%. Selanjutnya kehantaran yang tinggi memungkinkan anoda dan listrik katoda tetap bekerja walau jaraknya jauh sehingga peluang terkena korosi meningkat tajam dibanding dalam air tawar. Korosi pada plat baja dikendalikan secara katodik di mana oksigen akan mendepolarisasi katoda, sehingga mudah terjadi korosi terutama dengan kandungan oksigen yang tinggi. Kemudian laju korosi meningkat dengan adanya gelombang dan arus laut yang tinggi di mana efek lebih lanjut menyebabkan kerusakan lapisan anti karat, menghasilkan banyak oksigen, mempercepat penetrasi dan membuka rongga di permukaan baja. Temperatur air laut yang tinggi juga akan meningkatkan sifat korosif. Selanjutnya pengotoran pelat baja karena binatang laut akan

meningkatkan sifat korosif. Tegangan yang berulang-ulang juga akan menyebabkan kelelahan material terutama yang telah terkena korosi dan akan mempercepat kegagalan struktur.

Penggunaan besi maupun baja sebagai bahan utama pembuatan kapal masih dominan hingga saat ini. Dari segi biaya dan kekuatan, penggunaan besi dan baja untuk bangunan kapal memang cukup memadai. Tetapi besi dan baja sangat reaktif dan mempunyai kecenderungan yang besar untuk terserang korosi air laut. Berdasarkan konstruksi di galangan kapal, pelat lambung kapal adalah daerah yang pertama kali terkena air laut. Pada daerah lambung ini bagian bawah garis air ataupun daerah atas garis air rentan terkena korosi. Korosi pada pelat lambung kapal dapat mengakibatkan turunnya kekuatan, umur pakai kapal, mengurangi kecepatan kapal, mengurangi jaminan keselamatan dan keamanan muatan barang dan penumpang.

Korosi merupakan masalah teknis yang serius. Di negara-negara maju sekalipun, masalah ini secara ilmiah belum terjawab secara tuntas. Selain merupakan masalah ilmu permukaan yang merupakan kajian dan perlu ditangani secara fisika, korosi juga menyangkut kinetika reaksi

kimia. Pada tingkat aplikasi di industri, korosi juga menjadi masalah ekonomi karena menyangkut umur, penyusutan dan efisiensi pemakaian suatu bahan maupun peralatan dalam kegiatan industri. Kerugian yang dapat ditimbulkan oleh korosi tidak hanya biaya langsung seperti pergantian peralatan industri, perawatan jembatan, konstruksi dan sebagainya, tetapi juga biaya tidak langsung seperti terganggunya proses produksi dalam industri serta kelancaran transportasi yang umumnya lebih besar dibandingkan biaya langsung. Beberapa negara telah menghitung biaya korosi skala nasional dengan cara yang berbeda-beda di mana kisarannya di antara 1,5 – 5,0 persen dari GNP (Akhadi, ). Para ahli dan praktisi cenderung sepekat untuk menetapkan biaya korosi sekitar 3,5 persen dari GNP (Broome, J.P., 1998 di dalam Ridha et al., 2010). Ditinjau dari biaya perawatan di industri kimia dan petrokimia, biaya untuk menanggulangi masalah korosi bisa mencapai 70 sampai 80 persen dari seluruh biaya perawatan (Sulistiono, 2007). Data nilai ekonomi kerugian korosi di beberapa negara menunjukkan \$ 70.000.000.000 (USA pada tahun 1978) dan \$ 170.000.000 (Sulistiono, 2007), \$ 700.000.000 (Australia pada tahun 1972) , \$ 1.000.000.000 (Inggris pada tahun 1956) dan \$ 1.000.000.000 (Indonesia pada tahun 1992).

Untuk menghindari kerugian lebih besar akibat korosi air laut, maka pelat lambung kapal perlu perlindungan korosi secara berkala. Sampai saat ini untuk melindungi pelat lambung kapal terhadap korosi air laut masih memfokuskan pada 3 (tiga) cara yaitu menghindari penyebab korosi, perlindungan secara pasif (dengan pengecatan) dan perlindungan secara aktif (dengan metoda *cathodic protection*). Metoda *cathodic protection* merupakan metode pengorbanan anoda korban (*sacrificial anode*). Perlindungan dengan anoda korban mempunyai kelebihan diantaranya lebih sederhana, stabil dan biaya perawatan yang lebih rendah (Tsai, 1996). Dan jenis anoda korban yang telah diaplikasikan secara luas adalah paduan seng dan paduan aluminium (Sasono, 2010; Andarini, 2011; BKI, 2006). Tersedianya dua jenis anoda korban ini memberikan pilihan bagi para pemakai untuk memakai jenis anoda korban yang sesuai dengan kebutuhannya. Dasar pemilihan ini seharusnya atas pertimbangan

kinerja kedua jenis anoda korban tersebut yang meliputi; massa jenis, potensial proteksi, tegangan dorong, kapasitas dan efisiensi yang dihasilkan (Sasono, 2010; Anggono, 2000). Anoda korban aluminium mempunyai kelebihan tingkat *reliability* yang lebih lama dan juga mempunyai karakteristik arus dan berat yang lebih ringan dibandingkan dengan anoda korban paduan seng. Kualitas anoda korban aluminium dapat dipengaruhi oleh komposisi paduan aluminium (Sasono, 2010; Tsai, 1996). Ada beberapa anoda korban aluminium di pasaran yang biasa digunakan di perusahaan dok dan galangan kapal saat ini, sebagai *cathodic protection* pada lambung kapal, dan di antaranya mempunyai komposisi paduan yang berbeda. Selain kemampuan anoda korban aluminium yang berbeda-beda, adakalanya di industri ditemui lambung kapal yang terserang korosi berat dikarenakan kurangnya kebutuhan berat dan jumlah anoda korban yang dipasang. Serta posisi pemasangan yang kurang tepat.

## METODE PENELITIAN

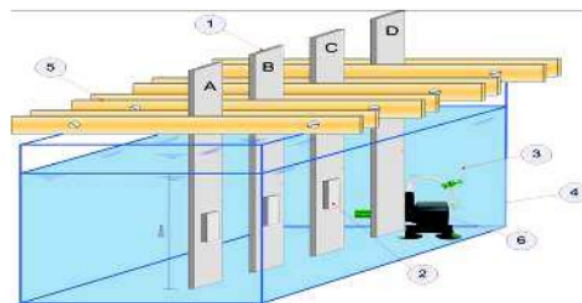
Bahan penelitian utama terdiri dari bahan anoda, katoda dan larutan. Bahan anoda korban menggunakan paduan aluminium. Anoda korban yang digunakan dalam eksperimen direncanakan ada 3 (tiga) jenis anoda korban paduan Aluminium dengan ukuran 20,0 x 5,0 x 2,5 mm (berat 1,02 gram) dan paduan pendukung terdiri dari Si, Fe, Cu, Mn, Zn, Mg dan Ti. Spesimen uji pelat baja menggunakan pelat baja *grade A* (BKI) setara dengan AISI E 2512 (E=kelas E, 25 = kandungan paduan Nikel (Ni) pada baja nominal 5,00%, 12 = kandungan paduan karbon (C) pada baja sebesar 0,12%). Kekuatan tarik plat baja menunjukkan *yield strength* (YS) 308 N/mm<sup>2</sup>-327 N/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* (TS) 438 N/mm<sup>2</sup> – 464 N/mm<sup>2</sup> dan elongation 26-29 %. Dan komposisi kimia pelat baja menunjukkan C: 0,14%, Mn: 0,66%, P: 0,026%, S: 0,017, Si: 0,27 dan Ni: 5,25% (*Bureau Veritas*, 2004). Selanjutnya bahan katoda menggunakan plat baja. Bahan larutan terdiri dari NaOH dan Aquades. Larutan NaOH 10 % dan aquades digunakan sebagai bahan pembersih untuk membersihkan spesimen uji pelat baja dan anoda korban paduan aluminium sesuai dengan standart ASTM G.1-81, tentang *Standard Practice For Preparing*,

*Cleaning and Evaluating Corrosion Test Speciment*. Dan larutan elektrolit yang digunakan adalah air laut dari laut Jawa yang telah sesuai dengan standar ASTM D1141-98 (*standard practice for the preparation of substitute ocean water*), dan volume air laut sebagai larutan elektrolit sesuai ASTM G71-81 (*standard guide for conducting and evaluating galvanic corrosion test in electrolytes*) adalah  $40 \text{ cm}^3 : 1 \text{ cm}^2$  baja yang tercelup.

Peralatan penelitian pada prinsipnya terdiri dari bak plastik, kayu penjepit, baut dan mur, pompa air, solder timah. Bak plastik (bak air) digunakan untuk menampung 40 liter larutan eletrolit (air laut) dengan ukuran  $46,5 \text{ cm} \times 34,5 \text{ cm} \times 29,0 \text{ cm}$  sebanyak 3 buah. Selanjutnya penjepit dari kayu ramin dengan ukuran  $40,0 \times 5,0 \times 0,5 \text{ (cm)}$  sebanyak 12 pasang yang digunakan untuk menjepit spesimen uji pelat baja yang akan dicelupkan ke dalam bak plastik. Baut dan mur sejumlah 12 pasang digunakan untuk menahan jepitan spesimen uji agar tidak berubah posisi. Kemudian pompa air sebanyak 3 buah digunakan untuk memberikan efek gelombang dalam 3 buah bak plastik yang berisi larutan elektrolit (air laut) dengan spesifikasi : P 1800, 220/240, 50 hzt. Dan solder timah digunakan untuk menempelkan anoda korban paduan aluminium pada spesimen uji pelat baja ditambah dengan bantuan getah pinus (gondorukem), peralatan solder, timah dan gondorukem. Kemudian alat ukur secara umum terdiri dari pH indikator, ultrasonic test, jangka sorong, mikrometer dan timbangan berat. Indikator pH menggunakan kertas lakmus. Selanjutnya ultrasonic test digunakan untuk mengukur ketebalan pelat lambung kapal.

Kemudian jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi spesimen dan mengukur pengurangan tebal spesimen, dengan ketelitian 0.001 inchi. Demikian pula mikrometer digunakan untuk mengukur tebal spesimen uji, dengan tingkat ketelitian 0.01mm. Dan timbangan berat digunakan untuk mengukur berat spesimen uji pelat baja. Kapasitas maksimum 600 gram (ketelitian : 0,01 gram).

Eksperimen laboratorium dilakukan dengan uji celup (*immersion corrosion test of metal*) sesuai dengan standart test korosi metal dari ASTM G31-72 untuk memperoleh data korosi yang terjadi pada pelat baja dan anoda korban dengan menggunakan tiga macam anoda korban paduan aluminium yang berbeda. Pelat baja dipersiapkan dengan ukuran  $170,0 \text{ mm} \times 40,0 \text{ mm} \times 11,0 \text{ mm}$  (sejumlah 12 spesimen). Kemudian pelat baja (spesimen) dibersihkan untuk menghilangkan kotoran pada pelat baja agar terhindar dari terjadinya korosi awal, sesuai dengan standar ASTM G1-81, "*Standart Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*". Dalam eksperimen laboratorium ini susunan spesimen dibagi dalam 3 bak plastik (bak air laut), masing-masing spesimen dijepit dengan kayu dan ditempatkan di atas mulut bak air laut dengan bagian yang tercelup 12 cm, seperti ditunjukkan di gambar 1. Waktu uji celup yang digunakan dalam pengujian korosi, dilakukan berdasarkan standard ASTM G 31-72 (*standard recommended practice for laboratory immersion corrosion testing of metal*) selama 240 jam (Tsai,1996) dengan interval 24 jam, 48 jam, 96 jam, 144 jam, 192 jam dan 240 jam.

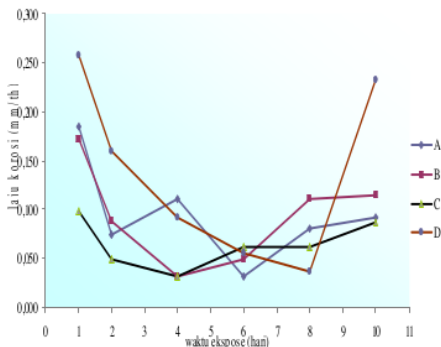


Gambar 1. Susunan spesimen uji dalam bak air laut.

Pengambilan data penurunan berat dilakukan dengan penimbangan spesimen (pelat baja) untuk setiap periode tiap 48 jam, kecuali hari pertama dengan periode 24 jam. Sebelum penimbangan spesimen terlebih dahulu dibersihkan. Perlakuan selama pembersihan adalah dengan jalan mencelupkan spesimen dalam larutan NaOH 10% selama 5 menit, kemudian diangkat dan dicelupkan dalam aquades selama 5 menit. Kemudian dikeringkan dengan *Oven* dan baru dilakukan penimbangan dan data dicatat

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan laju korosi pada spesimen plat baja ditunjukkan di gambar 2.

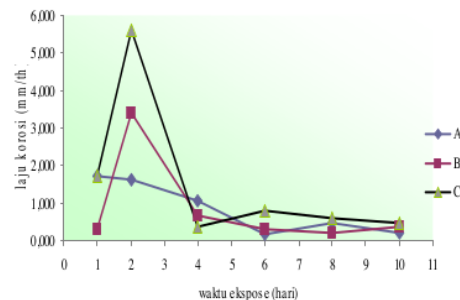


**Gambar 2. Perbandingan laju korosi spesimen pelat baja A, B, C, D.**

Laju korosi rata-rata spesimen C dengan perlindungan anoda korban paduan Aluminium C paling rendah (rata-rata 0,065 mm/tahun), dibandingkan dengan spesimen A (rata-rata 0,095 mm/tahun), B (rata-rata 0,096 mm/tahun), yang masing-masing dilindungi dengan anoda korban paduan Aluminium A dan B serta spesimen D (tanpa anoda korban ,rata-rata 0,139 mm/tahun). Secara umum fenomena laju korosi spesimen di hari pertama sampai hari ke dua waktu ekspose jauh lebih tinggi, dari pada waktu ekspose hari ke 4, ke 6, ke 8 dan ke 10 hal ini terjadi karena lapisan pelat baja lebih banyak melepas unsur-unsur paduan logam yang mudah terkorosi atau yang tidak tahan terhadap korosi, seperti unsur, sulfat, silikon, mangan dan fosfor, walaupun sedikit kandungannya pada baja, namun pada hari pertama waktu ekspose terjadi laju korosi yang

sangat tinggi. Dengan adanya anoda korban paduan aluminium yang mempunyai kandungan indium maka laju korosi spesimen agak terhambat, terutama terlihat pada spesimen C dengan anoda korban yang memiliki kandungan indium, laju korosi spesimen C waktu ekspose hari ke 1, ke 2, ke 4 dan ke 10 jauh lebih rendah dibanding spesimen A, B dan D. Laju korosi spesimen D yang tidak dilindungi dengan anoda korban pada waktu ekspose hari ke-1, ke-2 dan hari ke-10 lebih tinggi dari spesimen A, B dan C. Hal ini disebabkan permukaan spesimen D semakin melebar akibat korosi sebelumnya. Fenomena laju korosi spesimen A dan B selama waktu ekspose naik turun, hal ini disebabkan karena pengaruh perubahan pH (pH naik laju korosi turun) dan temperatur naik laju korosi naik serta pengaruh kecepatan aliran air laut.

Laju korosi anoda korban paduan aluminium-C tertinggi dibandingkan dengan anoda korban paduan aluminium-A dan paduan aluminium-B. Tingginya laju korosi anoda korban paduan aluminium-C karena mempunyai kandungan aluminium-97,165 % dan kandungan indium 0,03%. Sedangkan anoda korban paduan aluminium-A hanya mempunyai kandungan aluminium-86,116% tanpa kandungan indium, dan anoda korban paduan aluminium-B hanya memiliki kandungan aluminium-85,047% dan tanpa kandungan indium. Perbandingan laju korosi anoda korban dapat dilihat di gambar 3.

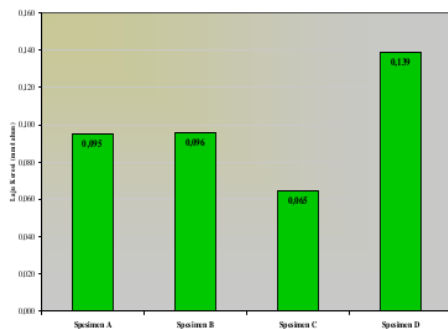


**Gambar 3. Perbandingan laju korosi anoda korban paduan Al; A, B, dan C**

Secara umum laju korosi anoda korban paduan aluminium B dan C mulai hari ke-0 sampai hari ke-2 meningkat di mana paduan aluminium C



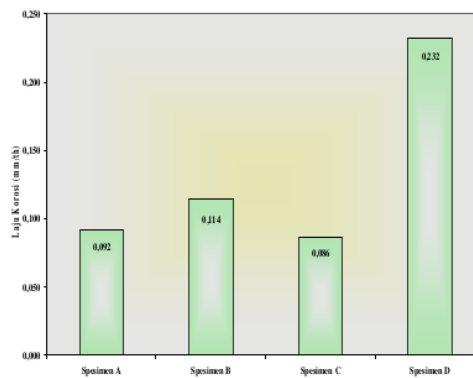
sangat tajam, sedang paduan aluminium B cukup tajam, kemudian setelah hari ke-2 ada kecenderungan menurun sampai hari ke-10 waktu ekspose. Dimana pada hari ke-2 sampai hari ke-4 paduan aluminium C penurunannya sangat tajam ( $C_R=5,608\text{mm/tahun}$  ke  $C_R=0,350\text{ mm/tahun}$ ). Sedangkan anoda korban paduan aluminium B, mulai hari ke-2 sampai hari ke-10 terus menurun cukup tajam (dari  $C_R=3,405\text{ mm/tahun}$  hari ke-2, sampai  $C_R=0,651\text{ mm/tahun}$  hari ke-4 dan hari ke-8,  $C_R=0,200\text{ mm/tahun}$ ) namun dihari akhir ekspose hari ke-10 laju korosinya naik  $C_R=0,350\text{ mm/tahun}$ . Untuk anoda korban paduan aluminium A, laju korosinya cenderung menurun, dimana di hari ke-1  $C_R =1,702\text{ mm/tahun}$ , turun sampai hari ke-6  $C_R =0,150\text{ mm/tahun}$ , namu laju korosinya naik lagi pada hari ke-8  $C_R = 0,451\text{ mm/tahun}$  dan di hari ke-10 turun lagi  $C_R =0,200\text{ mm/tahun}$ . Peningkatan laju korosi pada anoda korban paduan aluminium C yang sangat tajam mulai hari ke-1 sampai hari ke-2, karena paduan aluminium C mengandung Al= 97,163% dan Indium = 0,03%. Kandungan unsur indium ini lah yang dapat meningkatkan laju korosi anoda korban aluminium C dan memperbesar hambatan laju korosi pelat baja. Peningkatan laju korosi anoda korban paduan aluminium A dan B tidak setajam anoda korban paduan aluminium C, karena kandungan aluminium anoda korban A = 86,116% dan anoda korban B = 85,047% yaitu kurang dari 90% dan tanpa kandungan indium.



**Gambar 4. Perbandingan laju korosi rata-rata spesimen uji pelat baja.**

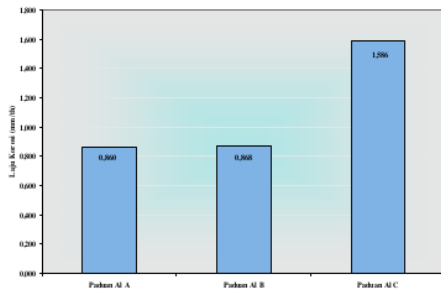
Perbandingan laju korosi rata-rata spesimen uji pelat baja dapat dilihat di gambar 4. Laju korosi rata-rata tertinggi dialami oleh spesimen D, tanpa perlindungan anoda korban yaitu 0,139 mm/tahun

dan laju korosi rata-rata terendah dialami oleh spesimen C yang dilindungi dengan anoda korban paduan aluminium C, yaitu 0,065 mm/tahun. Sedangkan spesimen A yang dilindungi oleh anoda korban paduan aluminium-A laju korosi rata-rata (0,095mm/tahun) dan spesimen B yang dilindungi dengan anoda korban paduan aluminium- B, laju korosi rata-ratanya (0,096 mm/tahun). Jadi pada pelat spesimen C dengan perlindungan anoda korban paduan aluminium C, memiliki laju korosi rata-rata terendah ( $C_R=0,065\text{mm/tahun}$ ) dibandingkan dengan spesimen A, B dan D.



**Gambar 5. Perbandingan laju korosi spesimen A, B, C dan D pada hari ke 10.**

Demikian juga korosi pada waktu ekspose hari ke-10 dapat dilihat dari grafik di gambar 5. Laju korosi yang terjadi pada spesimen-C paling rendah (0,086 mm/tahun) dengan perlindungan anoda korban paduan aluminium-C dibandingkan spesimen A (0,092 mm/tahun) dengan perlindungan anoda korban paduan aluminium-A dan diikuti oleh spesimen B (0,114 mm/tahun) dengan perlindungan anoda korban paduan aluminium -B serta laju korosi paling tinggi adalah spesimen D yang tanpa perlindungan anoda korban (0,232 mm/tahun). Makin lama waktu ekspose ada kecenderungan laju korosi rata-rata akan meningkat. Pada spesimen D yang tanpa perlindungan anoda korban dengan waktu ekspose 10 hari laju korosi rata-ratanya tertinggi yaitu 0,139 mm/tahun dibandingkan laju korosi spesimen A, B dan C, serta pada hari ke-10 meningkat dengan tajam yaitu mencapai 0,232 mm/tahun

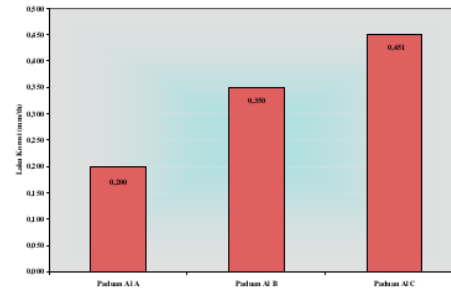


**Gambar 6. Perbandingan laju korosi rata-rata anoda korban paduan Al; A,B, dan C.**

Perbandingan laju korosi rata-rata anoda korban paduan aluminium dapat dilihat di gambar 6. Laju korosi rata-rata tertinggi dialami oleh anoda korban paduan aluminium-C (1,586 mm/tahun) jika dibandingkan dengan laju korosi rata-rata anoda korban paduan aluminium-A (0,860mm/tahun) dan laju korosi rata-rata anoda korban paduan aluminium-B (0,868 mm/tahun). Dengan demikian anoda korban paduan aluminium-C memiliki kinerja lebih optimal dibanding kinerja anoda korban paduan aluminium-A dan paduan aluminium-B, sehingga dapat dijadikan pilihan terbaik untuk digunakan sebagai perlindungan korosi pada pelat baja kapal. Peningkatan laju korosi rata-rata pada anoda korban paduan aluminium C karena adanya kandungan unsur indium yang berpengaruh untuk meningkatkan laju korosi anoda korban yang tidak terdapat dalam anoda korban paduan aluminium A dan B. Sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Tai Ming Tsai (1996) yang menyatakan bahwa kemampuan anoda korban paduan aluminium dipengaruhi oleh penambahan unsur indium walaupun dalam jumlah yang kecil, ternyata unsur indium ini dapat meningkatkan laju korosi anoda korban paduan aluminium.

Demikian juga dari laju korosi masing-masing anoda korban paduan aluminium pada waktu ekspose hari ke-10 dapat dilihat dalam grafik pada gambar 7. Laju korosi anoda korban paduan aluminium-C (0,451 mm/tahun) tertinggi, dibandingkan anoda korban paduan aluminium-A (0,200 mm/tahun) dan anoda korban paduan aluminium-B (0,350 mm/tahun). Sehingga lebih memantapkan bahwa anoda korban paduan

aluminium-C yang paling baik digunakan sebagai perlindungan korosi pada pelat baja kapal.



**Gambar 6. Laju korosi anoda korban pada hari ke 10.**

### KESIMPULAN

Analisa efektifitas paduan aluminium sebagai anoda korban mampu menurunkan laju korosi. Aplikasi paduan aluminium pada berbagai variasi menunjukkan pengaruh yang nyata dalam mereduksi laju korosi yakni spesimen C dengan perlindungan anoda korban paduan aluminium C menunjukkan hasil terendah (rata-rata 0,065 mm/tahun), dibandingkan dengan spesimen A (rata-rata 0,095 mm/tahun), B (rata-rata 0,096 mm/tahun), yang masing-masing dilindungi dengan anoda korban paduan aluminium A dan B. Dan spesimen D tanpa anoda korban menunjukkan laju korosi rata-rata 0,139 mm/tahun).

### DAFTAR PUSTAKA

- Andarini, A.M., 2011, "Studi Kasus Desain Proteksi Katodik Anoda Korban Pada Pipa Bawah Tanah Pdam Jaringan Karang Pilang III", Abstrak Thesis Undergraduate Theses Fisika, ITS Surabaya.
- Anggono, Juliana. Citro, Soejono. dan Palapessy, Victor Rizal, 2000, "Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut", Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Volume 2 Nomor 1, halaman 89 – 99.

- American Bureau of Shipping (ABS), 2007, Guidance Notes On The Inspection, Maintenance and Application of Marine Coating System, Third Edition, ABS, USA.
- Anonim, 2003, Annual Book of ASTM Standards, Metal Corrosion, Erosion and Wear, Vol 03.02, ASTM International, New York.
- Anonim, 2003, Annual Book of ASTM Standards, Standards Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water, Vol 11.02, ASTM International, New York.
- Akhadi, M, "Korosi", Ahli Peneliti Muda Bidang Fisika di Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Benjamin D. Craig, 2006, Corrosion Prevention and Control: A Program Management Guide for Selecting Materials by : Advanced Materials, Manufacturing, and Testing Information Analysis Center (AMMTIAC).
- BKI Biro Klasifikasi Indonesia, 2004, Regulator for the Corrosion and Coating System, Edition 2004, BKI, Jakarta.
- Caridis, P.A dan Mrina. C. , 1995, Inspection, Repair and Maintenance of Ship Structure, Witherby & CO. LTD, London
- DNV *Recommended Practice* RP.B401, 1993, *Cathodic Protection Design*, Det Norske Veritas Industry Norway AS, Hovik
- Fontana, Mars G, 1986, Corrosion Engineering, 3th Edition, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Karjapradja, 1999," Studi Penggunaan Perlindungan Katodik Pada Beton Bertulang dengan Menggunakan Anoda Korban", Korosi Vol 10 No 1
- Ridha,M., Syarizal Fonna1,2, Syifaul Huzni1, Israr1 dan A. K. Ariffin, 2011," *Boundary Element Method (Bem) Untuk Evaluasi Desain Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban*", 1Department of Mechanical Engineering Syiah Kuala University Jl.Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh Provinsi Aceh, Indonesia.
- Sasono, E.J, 2009,"*Perhitungan Laju Korosi Pelat Lambung Kapal dengan Perhitungan Anoda Korban Paduan Aluminium*", Laporan Tesis S2 Teknik Mesin Undip
- Sasono, E.J, 2009, "*Perhitungan Laju Korosi Bodi Lambung Kapal dengan Anoda Korban Paduan Aluminium*", Majalah Kapal Vol 6 No. 1
- Sasono, E.J, 2009,"*Analisa Perbandingan Pemakaian Anoda Korban Paduan Aluminium dan Anoda Korban Paduan Seng pada Plat Badan Kapal*", Laporan Penelitian SPI 2008 Undip
- Sulistijono, 2007,"Korosi Tingkatkan Biaya Perawatan", Redaksi ITS (redaksi [at] its.ac.id) - Desain dan Perawatan: Tim Webmaster UPT Puskom ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sulaiman, 2010," Teknik Ppelengkungan Pelat Baja untuk Bodi kapal dengan proses *bending* dingin dan *bending* pemanasan garis (*bending line heating*)", Laporan Tesis S2 teknik Mesin Undip.
- Tsai, Tai Ming, 1995, *Protection of Steel Using Aluminum Sacrificial Anodes in Artificial Seawater*, *Journal of Marine Science and Technology*, Volume 4, No.1, Tahun 1995, halaman 17 – 21
- Trethewey, Kenneth, R, C.Chem dan John Chamberlain, 1991, *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta



# ANALISA PERBANDINGAN LAJU KOROSI LAMBUNG KAPAL DENGAN APLIKASI PADUAN ALUMINIUM

---

## ORIGINALITY REPORT

---

5%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

---

## MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

---

1%

★ [www.its.ac.id](http://www.its.ac.id)

Internet Source

---

Exclude quotes      On

Exclude matches      Off

Exclude bibliography      On