



Pengaruh *Inhibitor Paracetamol* Terhadap Laju Korosi Aluminium Alloy 7075 Dalam Media Larutan HCl 0,1 M dan NaCl 3,5%

Effect of Paracetamol Inhibitor on Corrosion Rate of Aluminum Alloy 7075 in 0.1 M HCl and 3.5% NaCl Solution

Emeralda Berettadyanti Prasetyo^{1*}, M. Sakti La Ore²

^{1,2} Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: emeraldberreta28@gmail.com, laoresakti@aau.ac.id

Abstract— *Research has been carried out on the effect of the inhibitor Paracetamol on the corrosion rate of aluminum alloy 7075 using the corrosion medium of 0.1 M HCl and 3.5% NaCl electrolyte solutions. The paracetamol concentrations used in the specimen immersion test were 0, 100, 200, 300, and 400 ppm. Then the corrosion rate was calculated using the weight loss method. The research results showed that the most optimal paracetamol inhibitor added to the 0.1 M HCl electrolyte solution was 100 ppm, where the efficiency of the paracetamol inhibitor reached 26.61%. The inhibitor was able to reduce the corrosion rate in aluminum from 3.2911 mpy to 2.4154 mpy within 21 days. Likewise, the optimal paracetamol inhibitor added to the 3.5% NaCl electrolyte solution is 100 ppm, where the efficiency of the paracetamol inhibitor reaches 74.32%. The inhibitor is able to reduce the corrosion rate in aluminum from 0.1523 mpy to 0.0391 mpy within 21 days.*

Keywords— Aluminum, Corrosion Rate, Paracetamol, Weight Loss.

Abstrak— *Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh inhibitor Paracetamol terhadap laju korosi logam aluminium alloy 7075 dengan media pengkorosi larutan elektrolit HCl 0,1 M dan NaCl 3,5%. Konsentrasi paracetamol yang digunakan dalam pengujian perendaman specimen adalah 0, 100, 200, 300, dan 400 ppm selanjutnya dihitung laju korosi dengan metode berat hilang (weight loss). Hasil penelitian menunjukkan bahwa inhibitor paracetamol yang ditambahkan pada larutan elektrolit HCl 0,1 M yang paling optimal adalah 100 ppm, dimana efisiensi inhibitor paracetamol mencapai 26,61%. Inhibitor mampu menurunkan laju korosi pada aluminium dari 3,2911 mpy menjadi 2,4154 mpy dalam waktu 21 hari. Demikian pula dengan inhibitor paracetamol yang ditambahkan pada larutan elektrolit NaCl 3,5% yang paling optimal adalah 100 ppm, dimana efisiensi inhibitor paracetamol mencapai 74,32%. Inhibitor mampu menurunkan laju korosi pada aluminium dari 0,1523 mpy menjadi 0,0391 mpy dalam waktu 21 hari.*

Kata Kunci— Aluminium, Laju Korosi, Paracetamol, Weight Loss.

I. PENDAHULUAN

Korosi adalah proses perusakan pada permukaan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia dengan lingkungannya. Penggunaan logam semakin meningkat, dengan sendirinya akan diikuti dengan meningkatnya permasalahan korosi, dengan kerugian yang tidak sedikit. Pencegahan atau pengendalian laju korosi dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, diantaranya adalah dengan proses proteksi katodik, *coating*, ataupun dengan inhibitor. Namun cara yang paling mudah dan murah untuk dilakukan adalah dengan menambahkan inhibitor.

* Emeraldal Berettadyanti Prasetyo
E-mail: emeraldberreta28@gmail.com

Inhibitor korosi disebut sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi terhadap struktur logam [1].

Air laut mengakibatkan proses laju korosi semakin meningkat. Dampaknya yaitu *leading edge* pesawat harus membutuhkan perawatan material yang terkena korosi setiap tahunnya. Pada struktur pesawat terbang terdiri beberapa bahan salah satunya aluminium alloy yang terletak pada *leading edge* pesawat. Perawatan material tersebut menghabiskan biaya yang cukup mahal dan sulit untuk melakukan perawatan. Dengan demikian perlu adanya suatu pelindung tambahan agar meminimalisir terjadinya korosi [2].

Penelitian ini bertujuan untuk memperkecil tingkat kerusakan pada struktur pesawat terbang yang diakibatkan karena proses korosi, serta pemeliharaan struktur pesawat terbang dengan menentukan besarnya laju korosi pada aluminium dan bagaimana pengaruh inhibitor Paracetamol dalam mencegah korosi pada aluminium alloy 7075. Pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya laju korosi pada larutan NaCl 3,5% dan HCl 0,1 M dan bagaimana pengaruh inhibitor Paracetamol dalam mencegah korosi pada aluminium alloy 7075.

II. LANDASAN TEORI

A. Korosi Aluminium

Korosi pada logam merupakan proses elektrokimia. Jenis korosi yang umum terjadi pada aluminium adalah korosi sumuran [3]. Korosi sumuran dapat terjadi pada permukaan logam yang kontak langsung dengan udara lembab, umumnya dengan logam yang memiliki lapisan tipis oksida. Korosi sumuran menghasilkan lubang-lubang kecil pada logam, tetapi karena pertumbuhan lubang tersebut ke arah dalam dengan ukuran lubang awalnya tidak dapat dilihat dengan kasat mata, maka korosi sumuran dapat berakibat fatal, misalnya kebocoran tanpa sempat diketahui awalnya.

Korosi pada aluminium disebabkan oleh air dan udara (oksigen) yang menghasilkan senyawa aluminium oksida (Al_2O_3) membentuk lapisan tipis dan transparan yang sangat kuat, tidak berpori serta merata pada permukaan aluminium sehingga permukaan aluminium dibawah Al_2O_3 terlindungi. Tebal lapisan oksida 1-10 nm (10-8 m). Terbentuknya lapisan oksida disebut pemasifan (*passivity*). Korosi dapat mengakibatkan kerusakan pada material dan jika dibiarkan akan berakibat fatal terutama padapesawat terbang. Salah satu bagian yang cukup sering mengalami korosi di *lavatory* pesawat adalah *door push*, yang biasanya terletak di pinggir *lavatory*. Material penyusunnya pada umumnya bisa dari aluminium ataupun *stainless steel*. Untuk pesawat Boeing 737NG yang sekarang, material yang lebih sering digunakan adalah dari aluminium [4].

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar British). Tingkat ketahanan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi antara 1 – 200 mpy [5].

Perhitungan laju korosi yang menggunakan metode *weight loss* digunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$CR = \frac{W \times K}{p \times A \times t} \quad (1)$$

di mana:

- CR = Laju Korosi (*mils per year/mpy*)
- W = Berat yang hilang (mg)
- ρ = Berat jenis logam (g/cm^3)
- A = Luas permukaan (inch^2)
- t = Waktu kontak (jam)
- K = 534 untuk satuan *mpy*

Karena hal-hal tersebut di atas, pada berbagai proses di industri. Logam-logam perlu mendapat perlakuan khusus untuk meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi dari pengaruh lingkungan; yaitu dengan penambahan inhibitor korosi. Inhibitor korosi merupakan bahan aditif pada fluida yang dapat memperlambat laju korosi. Pemilihan inhibitor korosi ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi sistem di mana korosi terjadi [7].

Upaya pengendalian korosi yang lazim diterapkan dalam rangka perlindungan terhadap logam yang digunakan adalah sebagai berikut [8]:

1. Pemilihan bahan yang tepat
2. Perancangan konstruksi yang memadai
3. Penerapan pelapisan logam
4. Penerapan sistem proteksi katodik dan anodik
5. Pengondisian lingkungan

Pengkondisian lingkungan dapat diperoleh melalui penambahan zat inhibitor yaitu suatu zat kimia yang ditambahkan ke lingkungan baik secara selang seling maupun secara kontinyu sehingga mampu menurunkan atau bahkan mencegah terjadinya reaksi korosi. Penurunan laju korosi dengan inhibitor dapat diakibatkan oleh terbentuknya lapisan pasif atau dengan cara menghilangkan zat-zat yang agresif dari lingkungan [9].

B. Inhibitor

Salah satu cara untuk meminimalkan efek degradasi material yang sering digunakan adalah dengan penggunaan inhibitor. Inhibitor berfungsi untuk memperlambat reaksi korosi yang bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat kuat. Karena inhibitor tersebut merupakan masalah yang penting dalam menangani korosi maka perlu dilakukan pemilihan inhibitor yang sesuai dengan kondisinya. Inhibitor biasanya ditambahkan sedikit dalam lingkungan asam, air pendingin, uap, maupun lingkungan lain [10]. Keuntungan menggunakan inhibitor antara lain :

- 1) Menaikan umur struktur atau bahan.
- 2) Mencegah berhentinya suatu proses produksi.
- 3) Mencegah kecelakaan akibat korosi.
- 4) Menghindari kontaminasi produk dan lain sebagainya.

Penggunaan inhibitor hingga saat ini masih menjadi solusi terbaik untuk melindungi korosi internal pada logam, yaitu mampu memberikan perlindungan dari lingkungan yang kurang agresif sampai pada lingkungan yang tingkat korosifitasnya sangat tinggi, mudah diaplikasikan dan mampu memberikan perlindungan yang luas [11].

Perhitungan efisiensi inhibitor dapat dilakukan setelah diperoleh laju korosi tiap-tiap spesimen dimana data laju korosi tersebut digunakan untuk menghitung efisiensi dari inhibitor. Hasil

efisiensi inhibitor ini merupakan gambaran persentase seberapa besar inhibitor bekerja melindungi logam. Persamaan berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi inhibitor [7]:

$$\text{Inhibitor Efficiency} = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

Inhibitor Efficiency= efisiensi inhibitor korosi (%)

V_a = Laju korosi tanpa penambahan Inhibitor (mpy)

V_b = Laju korosi dengan penambahan inhibitor (mpy)

Secara umum mekanisme kerja inhibitor dijelaskan sebagai berikut [13] :

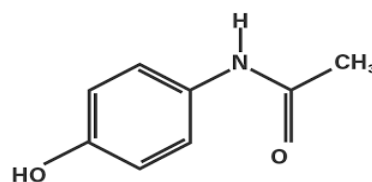
1. Pembentukan lapisan tipis pada permukaan dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor pada permukaan logam karena permukaan logam mengadsorpsi inhibitor.
2. Melalui pengaruh lingkungan atau pH dari lingkungan menyebabkan inhibitor mengendap pada permukaan logam, dan teradsorpsi, sehingga membentuk lapisan yang melindungi dari serangan korosi.
3. Inhibitor melakukan korosi terlebih dahulu terhadap logam kemudian menghasilkan produk korosi dan mengalami proses adsorpsi sehingga membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Penghilangan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

C. Paracetamol sebagai Inhibitor

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menghambat berkembangnya reaksi oksidasi dimana berperan sebagai pemberi elektron yang memiliki berat molekul kecil, sehingga kerusakan sel terhambat karena dapat mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif,.

Mekanisme kerja suatu antioksidan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok [14], yaitu :

1. Antioksidan primer, yaitu antioksidan yang dapat menghalangi pembentukan radikal bebas baru. Contohnya adalah senyawa fenol.
2. Antioksidan sekunder, yaitu antioksidan oksigen atau antioksidan non enzimatis yang dikenal sebagai penangkap radikal bebas yang kemudian mencegah amplifikasi radikal. Contohnya adalah vitamin E dan vitamin C.
3. Antioksidan tersier, yaitu antioksidan yang memperbaiki kerusakan – kerusakan yang telah terjadi. Senyawa yang termasuk golongan ini adalah enzim yang memperbaiki DNA dan metionin sulfide reduktase



Gambar 1. Struktur Paracetamol

Dari struktur Parasetamol yaitu senyawa fenolik yang mengandung gabungan antara ikatan aromatik benzene atau phenyl $C_6H_5NO_2$ dengan hydroxyl (OH^-) yang bersifat antioksidan sehingga senyawa ini dapat mencegah reaksi oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas, sehingga reaksi berantai oleh radikal bebas dapat terhenti.

Senyawa fenolik pada obat parasetamol ini akan bertindak sebagai antioksidan primer dengan menyumbangkan atom hidrogen baik sebagai radikal alkoksil, $AH + RO^* \rightarrow A^* + ROH$ atau radikal bebas peroksil, $AH + ROO^* \rightarrow A^* + ROOH$ dalam reaksi yang reversible.

Reaksi ini menyumbangkan radikal bebas antioksidan (A^*) dengan tingkat energi yang lebih rendah dibandingkan RO^* dan ROO^* [13].

Parasetamol atau acetaminophen adalah obat antiinflammatory yang banyak digunakan untuk meringankan sakit dan demam. Acetaminophen mengandung acetylation dari 4-aminophenol dengan anhydride asetat. Acetaminophen memulihkan dari campuran reaksi dengan netralisasi asam sulfur dan larutan ammonia, kemudian ammonium sulfat terbentuk. Penggunaan katalis asam tak larut akan mempermudah pemisahan kerja dan penggunaan kembali katalis, menghindari peralatan dari korosi [12].

III. METODE PENELITIAN

A. Peralatan dan Bahan

1. Alat-alat yang digunakan.
 - a) Timbangan Analitik Digital.
 - b) Beaker Glass 1000 mL.
 - c) Gelas Ukur 25 mL
 - d) Batang Pengaduk.
 - e) Kotak Plastik.
 - f) Mesin Bor
 - g) Gergaji Besi
 - h) Mortar.
2. Bahan yang digunakan :
 - a) Plat Aluminium 7075
 - b) Obat Paracetamol sirup
 - c) Larutan asam klorida (HCl) 0,1 M.
 - d) Larutan NaCl 3,5%
 - e) Aquades.

B. Prosedur Penelitian

1. Preparasi Sampel, Inhibitor dan Elektrolit
 - a) Preparasi Spesimen
 - 1) Plat Aluminium 7075 dengan tebal 0,3 cm dipotong dengan ukuran 3 cmx3 cm.
 - 2) Spesimen yang telah dipotong kemudian di bor dengan ukuran mata bor 2 mm sebagai tempat penggantungan dengan kawat tembaga. Kawat tembaga harus dilapisi atau dibungkus dengan selang plastik agar kawat tembaga tidak terekspos lingkungan.
 - b) Preparasi Inhibitor. Inhibitor yang digunakan adalah larutan paracetamol yang diperoleh dari obat sirup dengan merk Sanmol yang banyak tersedia di apotek-

apotek. Obat sirup merk Sanmol yang dipilih adalah obat sirup yang memiliki kandungan paracetamol yang besar yaitu 250 mg paracetamol dalam 5 mL obat sirup. Adapun konsentrasi larutan paracetamol yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm dan 400 ppm. Tabel I dibawah ini menunjukkan banyaknya obat sirup yang digunakan untuk pembuatan inhibitor :

Tabel 1.. Banyaknya obat sirup yang digunakan untuk pembuatan inhibitor

Konsentrasi Larutan Inhibitor (ppm)	Volume Larutan Inhibitor (mL)	Konsentrasi Inhibitor dalam obat sirup (ppm)	Volume Obat sirup dibutuhkan (mL)
0	1000	50000	0
100	1000	50000	2
200	1000	50000	4
300	1000	50000	6
400	1000	50000	8

c) Preparasi Elektrolit.

1) Larutan HCl 0,1 M.

- Larutan HCL 32% disiapkan dan diukur sebanyak 9,83 ml.
- Dimasukkan kedalam Beaker Glass sebesar 1000 ml.
- Diencerkan dengan Aquades dan hingga batas 1000 ml.
- Sehingga akan terbentuk larutan HCl 0,1 M.

2) Larutan NaCl 3,5 %.

- NaCl Padat ditimbang sebanyak 35 gram.
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml.
- Diencerkan dengan Aquades dan hingga batas 1000 ml.
- Sehingga akan terbentuk larutan NaCl 3,5 %.

2. Pengujian

Pada larutan elektrolit tersebut kemudian ditambahkan inhibitor dengan konsentrasi 0, 100, 200, 300, 400 ppm. Dimana perbandingan volume antara larutan elektrolit berbanding larutan inhibitor adalah 50 : 50 (variable tetap), sedemikian hingga total volume pengkorosi dan inhibitor adalah 50 mL. Dalam pelaksanaan pengujian korosi, dibuat 30 spesimen logam yang kemudian dibagi 2 untuk 2 jenis larutan elektrolit pengkorosi yaitu HCl dan NaCl. Benda uji yang direndam dalam setiap konsentrasi inhibitor adalah 3 spesimen sehingga akan diperoleh rata-rata berat hilang dan laju korosinya. Dalam penelitian ini faktor yang menentukan adalah perbedaan jenis larutan elektrolit yang digunakan sebagai media pengkorosi dan konsentrasi inhibitor yang digunakan sedangkan waktu kontak adalah 21 hari atau 504 jam.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Laju Korosi Dalam Media Larutan HCl 0,1 M.

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), diperoleh hasil perhitungan yang terangkum dalam Tabel II dimana menunjukkan pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi dan efisiensi inhibitor pada media larutan HCl 0,1 M dengan metode *weight loss*.

Tabel 2. Rangkuman Hasil pengujian laju korosi Inhibitor dalam media larutan HCl 0,1 M

Volume Larutan HCl (mL)	Volume Inhibitor (mL)	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Rata- Rata Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
25	25	0	3,2911	0
25	25	100	2,4154	26,61
25	25	200	3,1475	4,37
25	25	300	2,7639	16,02
25	25	400	2,9536	10,26

2. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Laju Korosi Dalam Media Larutan NaCl 3,5%.

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), diperoleh hasil perhitungan yang terangkum dalam Tabel III dimana menunjukkan pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi dan efisiensi inhibitor pada media larutan NaCl 3,5% dengan metode *weight loss*.

Tabel 3. Rangkuman hasil pengujian laju korosi inhibitor dalam media larutan nacl 3,5%

Volume Larutan NaCl (mL)	Volume Inhibitor (mL)	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Rata- Rata Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
25	25	0	0,1523	0
25	25	100	0,0391	74,32
25	25	200	0,1365	10,37
25	25	300	0,1237	18,79
25	25	400	0,1238	18,74

3. Pengaruh Jenis Larutan Elektrolit terhadap laju korosi.

Dari Tabel II dan III menunjukkan variasi konsentrasi inhibitor paracetamol yang optimal terhadap laju korosi aluminium alloy 7075 adalah 100 ppm. Hal ini dapat ditunjukkan dari Tabel IV dimana dengan perbandingan media larutan elektrolit menghasilkan hasil perhitungan yang berbeda dengan nilai yang cukup besar.

Tabel 4. Rangkuman Pengaruh Jenis Larutan elektrolit terhadap Laju Korosi

No.	Jenis Larutan Elektrolit	Konsentrasi Inhibitor optimal	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
1.	Larutan HCl 0,1 M	100 ppm	2,4154	26,61
2.	Larutan NaCl 3,5%	100 ppm	0,0391	74,32

B. Pembahasan

Dari tabel II diperoleh hasil pengujian laju korosi dalam media larutan elektrolit HCl 0,1 M, konsentrasi inhibitor paracetamol yang paling optimum adalah 100 ppm. Dengan konsentrasi inhibitor 100 ppm, laju korosi pada aluminium alloy 7075 dapat dihambat dari 3,2911 mpy menjadi 2,4154 mpy atau efisiensi sebesar 26,61 %. Dimana inhibitor bekerja pada berbagai konsentrasi baik 100, 200, 300 maupun 400 ppm. Hal ini karena pada senyawa paracetamol terdapat gugus fenolik yang berperan sebagai antioksidan primer yang mendonorkan radikal bebas antioksidan (A*) ataupun gugus O-H untuk mendonorkan sepasang elektronnya pada permukaan logam aluminium ketika ion Al^{3+} terdifusi ke dalam larutan korosif sehingga memiliki kestabilan yang baik dibandingkan dengan tidak menggunakan inhibitor paracetamol [15]. Namun, konsentrasi parasetamol dengan efisiensi inhibitor yang paling optimal adalah 100 ppm, hal ini disebabkan karena pada paracetamol terdapat gugus asam amino NH^{3+} yang cenderung menurunkan nilai efisiensi inhibitor. Sehingga dengan meningkatnya konsentrasi paracetamol yang lebih banyak akan cenderung menambah jumlah gugus asam amino tersebut [16].

Dengan alasan yang sama juga terlihat pada Tabel III yang menunjukkan bahwa hasil pengujian laju korosi dalam media larutan elektrolit NaCl 3,5%, konsentrasi inhibitor paracetamol paling optimum adalah 100 ppm. Dengan konsentrasi inhibitor 100 ppm, laju korosi pada logam aluminium *alloy* 7075 dapat dihambat dari 0,1523 mpy menjadi 0,0391 mpy atau efisiensi inhibitor sebesar 74,32 %.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa pengaruh konsentrasi inhibitor Paracetamol terhadap laju korosi dalam media larutan HCl 0,1 M dengan konsentrasi inhibitor 100 ppm yang ditambahkan pada larutan HCl 0,1 M merupakan konsentrasi yang paling optimum dengan efisiensi hingga 26,61 %, dimana mampu menurunkan laju korosi aluminium *alloy* 7075 dari 3,2911 mpy menjadi 2,4154 mpy dalam waktu 21 hari. Begitu pula, pengaruh konsentrasi inhibitor Paracetamol terhadap korosi dalam media larutan NaCl 3,5 %, inhibitor dengan konsentrasi 100 ppm yang ditambahkan pada larutan NaCl 3,5 % merupakan konsentrasi yang paling optimum dengan efisiensi hingga 74,32 %, dimana mampu menurunkan laju korosi aluminium *alloy* 7075 dari 0,1523 mpy menjadi 0,0391 mpy dalam waktu 21 hari. Pada penelitian ini dapat pula diketahui bahwa pengaruh jenis larutan elektrolit sebagai media pengkorosi logam aluminium *alloy* 7075 terhadap efisiensi inhibitor yakni adanya inhibitor paracetamol konsentrasi 100 ppm pada 2 jenis larutan elektrolit HCl dan NaCl, pada larutan NaCl 3,5 % memiliki efisiensi lebih besar daripada jenis larutan elektrolit HCl 0,1 M

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Gubernur AAU dan Kepala Departemen Aeronautika AAU atas ijin melaksanakan penelitian menggunakan fasilitas yang ada Laboratorium Mattek dan Sissen Depaero AAU. Demikian pula ucapan terima kasih kepada semua pihak atas terbitnya naskah ini pada Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (Senastindo) V Tahun 2023 di Akademi Angkatan Udara.

REFERENSI

- [1] A. A. El-Meligi, "Corrosion Preventive Strategies as a Crucial Need for Decreasing Environmental Pollution and Saving Economics, National Research Centre, Physical Chemistry Dept, Dokki, Cairo, Egypt, 2010
- [2] ASTM (American Society for Testing and Materials). Solution Recommended for Cleaning of Corrosion Products Formed on Iron and Steels, G 1-90 vol 3.2. 2002. Amerika: ASTM International (2002)
- [3] D. A. Jones, "Principles and Prevention of Corrosion", Macmillan Publishing Company, New York, 1992
- [4] K. R. Trethewey dan John Chamberlain, "Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991. N. Z. El Azmi. "Studi Kasus Korosi Pada Aluminium Tipe 2024-T4 dan 7075-T6 Sebagai Kandidat Material Struktur Lavatory Modul Pesawat Boeing 737NG". Tugas Akhir Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018
- [5] M. G. Fontana, "Corrosion Engineering", Third Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1987. Y. K. Afandi, I.S. Arief, dan Amiadji, "Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating," Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 1, 2015
- [6] M. N. A. Fakhri, H. Susanto, M. L. Bukhori "Analisis Material Aluminium Alloy Terhadap Laju Korosi Yang Di Sebabkan Oleh Udara Laut Pada Struktur Leading Edge Pesawat", Teknik STTKD : Jurnal Teknik, Elektronik, Engine Vol 8, No. 2, Desember 2022, hal. 289-294.
- [7] N.K. Ketis, B. Bundjali, "Efektivitas Biji Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon Dalam Larutan NaCl 1%. Jurnal FMIPA IT, 2010, 15, 43-49
- [8] R. Himawan, Sriyono, S., Hendro, Analisis ketebalan pipa system pendingin sekunder RSG GAS, Sigma Epsilon, Agustus 2008
- [9] R. J. Hamilton, "The Chemistry of Rancidity in Foods. In J.C. Allen and R.J. Hamilton". London : editor. Rancidity in Foods. Applied Science Publisher, 1983
- [10] R. Tems & A. M. Al-Zahrani., "Cost of Corrosion in Oil Production & Refining, Saudi Aramco," Journal of Technology, 2006.
- [11] R. Z. Anastacia, "Pengaruh Kecepatan Aliran Dan Konsentrasi Inhibitor Obat Parasetamol Terhadap Proteksi Korosi Baja Karbon API 5L Grade B Pada Lingkungan Asam PH 5, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.

-
- [12] T. Sudiarti,, N. Anriyani, dan A. Supriadin, “Potensi Ekstrak Kulit Buah Manggis Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon Dalam Larutan NaCl 1% Jenuh Karbondioksida”, *Jurnal al-Kimiya*, Vol. 5, No. 2 (78-83) Desember 2018/Rabiul Awal 1439 H
- [13] V. Ashworth, "Principles of Cathodic Protection", the Third Edition article 10.1 volume 2, 2010, pp 10:3–10:28, Elsevier B.V
- [14] Winarsi, Hery, “Antioksidan Alami dan Radikal Bebas”. Yogyakarta: Percetakan Kanisius, 2007.