



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Laju Korosi Pada Material Aluminium 5083 Menggunakan Media Air Laut Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal

Surip Prasetyo¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Wilma Amiruddin¹⁾

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail : prasetyosurip11@gmail.com budiartountung@gmail.com wisilmiw@yahoo.com

Abstrak

Logam aluminium merupakan salah satu material digunakan pada industri transportasi yang memiliki fungsi sebagai material pokok. Penggunaan material tersebut sebagai material lambung kapal harus dikaji terhadap terjadinya laju korosi, hal ini disebabkan karena kulit lambung bersentuhan langsung dengan air laut. Manfaat penelitian ini dapat membantu sumbangan pemikiran mengenai pengaruh waktu dan pH air laut terhadap laju korosi material aluminium 5083 sebagai aplikasi bahan lambung kapal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui laju korosi dengan metode kehilangan berat (Weight Loss) sesuai dengan ketentuan dari ASTM G31-72 dengan menggunakan perbedaan waktu dan air laut yang berbeda. Spesimen yang diuji adalah Aluminium 5083 sebagai material yang digunakan dalam Marine Application. Media air laut yang digunakan berasal dari Semarang dan Jepara yang memiliki pH berbeda dalam waktu perendaman selama 720 jam. Hasil berdasar penelitian diperoleh data laju korosi sebesar 0,0002 mmpy untuk air laut Semarang dan 0,0003 mmpy untuk air laut Jepara. Kehilangan berat secara berturut-turut 0,0817 gram 0,7261 gram 0,7261 gram 0,8703 gram dan 1,2819 gram untuk air laut Semarang sedangkan 0,0757 gram 0,5391 gram 1,3350 gram 1,4071 gram dan 1,9206 gram untuk air laut Jepara. Foto mikro menunjukkan adanya korosi terhadap Aluminium 5083 setelah di lakukan pengujian laju korosi dengan Scanning Electron Microscopy.

Kata Kunci : Laju Korosi, Kehilangan Berat, Aluminium 5083, pH, Scanning Electron Microscopy

1. PENDAHULUAN

Logam jenis aluminium digunakan secara luas dalam bidang listrik, kimia, bangunan, transportasi dan alat – alat penyimpanan. Penggunaan bahan dasar aluminium salah satunya di industri transportasi berfungsi untuk menunjang proses fabrikasi dan telah banyak diterapkan oleh berbagai perusahaan transportasi sebagai material pokok. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan dan memiliki kekuatan tinggi serta daya lentur (*ductility*) pada kondisi dingin dan memiliki daya tahan korosi tinggi terhadap lingkungan. Dalam bidang maritim yaitu perkapalan untuk transportasi laut biasa digunakan sebagai material utama pada badan kapal, dalam hal ini adalah konstruksi lambung kapal.

Berdasarkan segi konstruksi pada kapal, lambung kapal sebagai daerah yang pertama kali terkena air laut, sehingga memiliki resiko tinggi

terutama terjadinya korosi yang dapat mempengaruhi kecepatan kapal. Salah satu sumber kerusakan terbesar pada pelat kapal laut adalah korosi air laut. Air laut mempunyai sifat korosif dengan kandungan di dalamnya meliputi ion klorida, kehantaran listrik, oksigen, kecepatan aliran, temperatur, tegangan dan pencemaran. Kerugian teknis yang akan dialami akibat terjadinya korosi pada lambung kapal meliputi berkurangnya kecepatan kapal, menurunnya *fatigue life*, *tensile strength* dan berkurangnya sifat mekanis material lainnya. Pada penelitian sebelumnya menggunakan variasi waktu perendaman yang dapat mempengaruhi laju korosi aluminium 5083. Pada pengujian di air laut Lamongan, laju korosi dengan variasi waktu perendaman 12 jam sebesar 0,0848 mmpy, pada waktu 24 jam berkurang menjadi 0,0601 mmpy, kemudian pada waktu 48 jam 0,0389 mmpy, dan pada waktu 168 jam sebesar 0,0199 mmpy. Bahwa semakin lama waktu perendaman maka semakin menurun laju korosi yang terjadi pada aluminium

5083 tersebut [1]. Laju korosi pada perendaman dengan larutan asam asetat, untuk aluminium dengan pelapisan Sol-Gel adalah $\pm 0,03404$ mm/year pada konsentrasi 0,1 M dan meningkat hingga $\pm 0,18796$ mm/year pada konsentrasi 6 M. Sedangkan pada aluminium tanpa pelapisan Sol-Gel adalah $\pm 0,01702$ mm/year pada konsentrasi 0,1 M dan meningkat hingga $\pm 0,23952$ mm/year pada konsentrasi 6 M. Kemudian Efisiensi inhobitor Sol-Gel dalam menahan laju korosi aluminium pada perendaman larutan Asam Asetat adalah 25,57% lebih baik dari pada aluminium tanpa pelapisan Sol-Gel.[2] Pada perendaman dengan menggunakan asam asetat, laju korosi yang terjadi adalah antara 0.0003 sampai 0.0021 mm/tahun. Pada perendaman konsentrasi 0.1molar, kehilangan berat yang terjadi sebesar 0.0004gr dan laju korosinya sebesar 0.0006 mm/tahun. Begitupun yang terjadi pada konsentrasi 0,5 molar, terjadi kehilangan berat sebanyak 0.0006 gram. Pada konsentrasi 1 molar sampai dengan 4 molar terjadi penambahan berat pada logam sampai dengan sebesar 0.0013 gram, hal ini terjadi dikarenakan terdapat endapan pada permukaan logam. Pada konsentrasi 5 molar terjadi pengurangan berat sebanyak 0.0004 gram, hal ini terjadi karena titik leleh lapisan pelindung berada pada konsentrasi 4 molar, sehingga pada konsentrasi 5 molar lapisan sudah tidak dapat melindungi sehingga kembali terjadi kehilangan berat begitu pun pada konsentrasi 6 molar laju korosi semakin meningkat dan terjadi kehilangan berat .[3] Beberapa sifat aluminium seri 5083 diatas menyebabkan banyak di aplikasikan pada konstruksi kapal, bejana tekan (*pressure vessel*) pada kapal berkecepatan tinggi dan pelat pada lambung kapal [4]. Pada udara bebas aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis oksida (Al_2O_3) yang tahan terhadap korosi. Aluminium juga bersifat amfoter yang mampu bereaksi dengan larutan asam maupun basa. [5] Alumunium seri 5083 banyak digunakan untuk *marine applications*. Paduan tempa menawarkan kekuatan tertinggi diantara paduan *nonheattreatable* lain karena mengandung 4.5%Mg, 0.7%Mn, dan 0.13%Cr [6]. Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu dan pengaruh lain [7]. Pengaruh dari pH (tingkat keasaman) air laut mempengaruhi laju korosi, pH meter adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH (keasaman atau alkalinitas) dari cairan (meskipun probe khusus terkadang digunakan untuk mengukur pH zat semi-padat). Sebuah pH meter khas terdiri dari probe pengukuran khusus atau elektroda yang terhubung

ke meteran elektronik yang mengukur dan menampilkan pembacaan pH [8].

Munculnya gejala korosi pada material Aluminium 5083 akibat pengaruh lingkungan air laut sangat menarik untuk di pelajari, karena informasi tentang korosi yang terjadi pada material tersebut masih sangat sedikit. Belum di ketahui secara tepat seberapa cepat laju korosi logam Alumunium 5083 pada media air laut, sehingga penelitian ini menggunakan judul Analisa Laju Korosi Pada Material Aluminium 5083 Menggunakan Media Air Laut Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan pH air laut terhadap laju korosi Alumunium 5083.

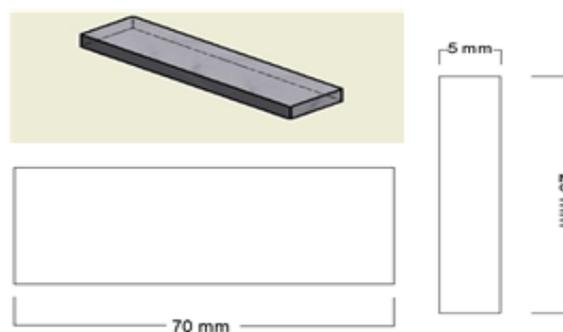
Manfaat dari penelitian ini di harapkan dapat membantu sumbangan pemikiran mengenai pengaruh waktu dan pH air laut terhadap laju korosi material aluminium 5083 sebagai aplikasi bahan lambung kapal.

2. METODE

2.1 Bahan dan Ukuran Spesimen

Bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah logam aluminium 5083 dan air laut Semarang dan Jepara dengan rincian sebagai berikut :

- Logam Aluminium 5083.
- Dimensi : 70 mm x 25 mm x 5 mm.
- Jumlah : 30 spesimen



Gambar 1. Ukuran Spesimen

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Persiapan Penelitian

a. Persiapan Alat :

- Neraca Analitik 1/10.000 gram
- pH meter
- SEM (*scanning electron microscopy*)

2.2.2 Pembuatan Spesimen.

Pembuatan spesimen dilakukan sebelum proses pengujian. Pembuatan spesimen adalah proses pemotongan dan pembentukan logam aluminium sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.

- Potong bahan ukuran 70 mm x 25 mm x 5 mm.
- Kemudian di bersihkan dengan menggunakan kertas *abrasive* 500 grid dilanjutkan 1000 grid, agar lebih halus lagi dilanjut dengan 2000 grid dan terakhir dengan 5000 grid untuk menghilangkan kotoran sisa-sisa potongan material dan menghaluskan permukaan spesimen.

a. Proses Penimbangan Berat Awal dan Foto Mikro Spesimen.

Sebelum dilakukan proses pengujian laju korosi di lakukan proses penimbangan berat awal dan foto mikro spesimen agar mengetahui perbedaan berat dan bentuk permukaan sebelum dan sesudah dilakukannya perendaman serta dilakukan uji pH air laut.

b. Proses Perendaman/Pengujian Dengan Media Air Laut.

Dalam penelitian ini air laut yang di gunakan adalah 20000 ml. Langkah-langkah untuk melakukan uji perendaman adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan wadah berisikan media pengujian yaitu air laut dari berbagai daerah (Semarang dan Jepara), tiap bak berisikan tiga spesimen pengujian yaitu aluminium 5083.
- Memberi nama setiap Wadah dengan media air laut yang berbeda :
- Wadah A berisi air laut dari Semarang
- Wadah B berisi air laut dari Jepara
- Mempersiapkan *watch* untuk mengukur waktu perendaman.
- Mulai untuk proses perendaman.

c. Proses Pembersihan.

Langkah-langkah dari proses pembersihan adalah sebagai berikut :

- Mengeluarkan spesimen dari media pengujian korosi.
- Mencelupkan spesimen ke air bersih untuk pembersihan awal.
- Mencelupkan spesimen dalam larutan aseton untuk menghilangkan produk korosi yang melekat pada permukaan spesimen kurang dari 1 menit.
- Setelah dibersihkan dengan HCL spesimen dibersihkan dengan air bersih/aquades untuk menghilangkan cairan HCL yang melekat.

- Keringkan spesimen yang sudah dibersihkan.

d. Proses Penimbangan Berat Akhir Dan Foto Mikro.

- Spesimen di timbang dengan menggunakan neraca analitik dan dilakukan foto mikro untuk mengetahui berat akhir dan bentuk permukaan spesimen setelah proses pengujian laju korosi dan selanjutnya di lakukan perhitungan laju korosi yang sesuai dengan metode kehilangan berat (*weight loss*) pada ASTM G31-72 dan dilihat pada hasil foto mikro.

Rumus Kehilangan Berat :

$$\Delta W = W_{\text{Awal}} - W_{\text{Akhir}} \quad (1)$$

Laju Korosi :

$$mpy = \frac{534 \cdot w}{D \cdot A \cdot T} \quad (2)$$

Dimana *mpy* adalah *mils per years (mmpy)*, *W* adalah kehilangan berat (gram), *D* adalah Massa Jenis Aluminium (*Density*), *A* adalah area permukaan (mm), *T* adalah waktu (jam).

2.3 Teknik Penyajian Data

Teknik penyajian data dalam penelitian ini berupa tabel dan untuk memperjelas tabel maka disajikan dalam bentuk grafik dan didukung foto mikroskopi dari spesimen tersebut. Metode analisa data dengan deskriptif kuantitatif sehingga penelitian ini dilakukan dengan menelaah data yang diperoleh dari eksperimen tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Komposisi Material Aluminium 5083 dengan pengujian mikrostruktur untuk mengetahui kandungan pada material tersebut yang dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro menggunakan alat SEM EDX J65 SA (*Scanning Electron Microscopy*). Dari instrumen alat tersebut diketahui komposisi material sebagai berikut :

Tabel 1. Tabel Komposisi Aluminium 5083

| Unsur | Komponen | Kandungan |
|----------------|--------------------------------|-----------|
| Al (Aluminium) | Al ₂ O ₃ | 67,68 % |
| C (Carbon) | C | 27,87 % |
| Cl (Clorida) | Cl | 0,11 % |
| Mg (Magnesium) | MgO | 3,79 % |
| Mn (Mangan) | MnO | 0,31 % |
| Na (Natrium) | Na ₂ O | 0,24 % |

3.2 Laju Korosi

a. Air Laut Semarang

Tabel 2 : hasil Pengujian Air Laut Semarang

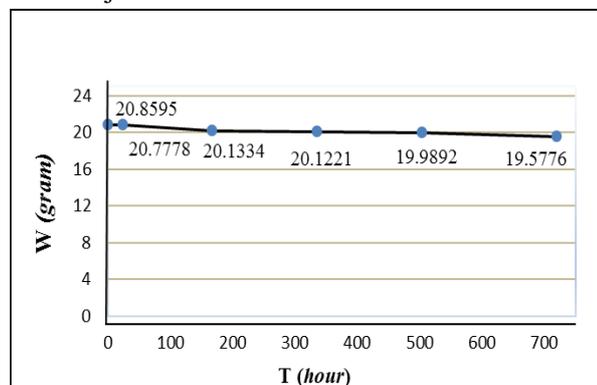
| No | pH Air Laut Semarang | |
|----|----------------------|-------|
| 1 | pH Awal | 7,883 |
| 2 | pH Akhir | 8,330 |
| 3 | Selisih pH | 0,447 |

Data hasil penelitian yang telah dilakukan dan periode waktu perendaman selama 24, 168, 336, 504 dan 720 jam, kemudian memperhatikan besarnya nilai pH maka diketahui berat akhir, kehilangan berat, dan laju korosi pada media air laut Semarang sebagai berikut:

Tabel 3 . Hasil Pengujian Air Laut Semarang

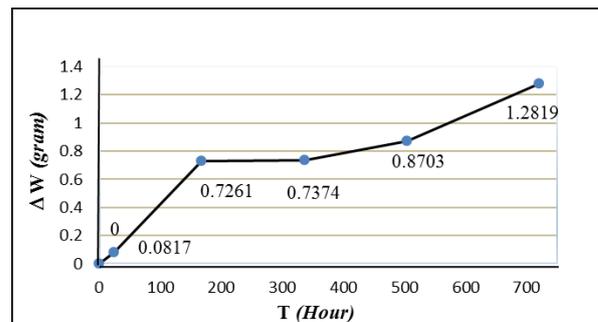
| Variasi Waktu (Jam) | Air Laut Semarang | | |
|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| | Berat Akhir (gram) | Kehilangan Berat (gram) | Laju Korosi (mmpy) |
| 0 | 20,8595 | 0 | 0 |
| 24 | 20,7778 | 0,0817 | 0,0003 |
| 168 | 20,1334 | 0,7261 | 0,0004 |
| 336 | 20,1221 | 0,7374 | 0,0002 |
| 504 | 19,9892 | 0,8703 | 0,0001 |
| 720 | 19,5776 | 1,2819 | 0,0002 |

Data berat akhir, kehilangan berat dan laju korosi logam Aluminium 5083 air laut Semarang pada tabel diatas selanjutnya dibuat sebuah grafik, untuk dijelaskan secara rinci :



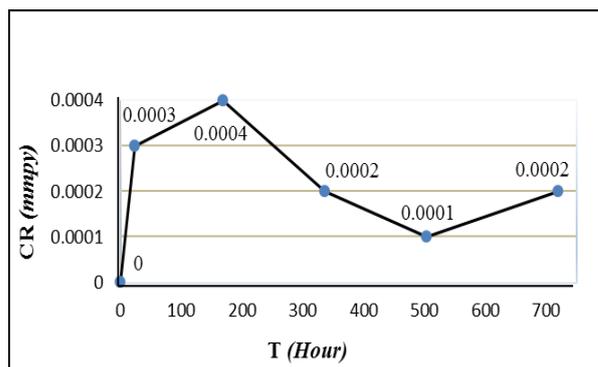
Gambar 2. Grafik Berat Akhir Aluminium 5083 Air Laut Semarang

Data tabel 3 dapat kita lihat berat akhir pada spesimen Aluminium 5083 dengan media air laut Semarang, untuk perendaman 24 jam yaitu 20,7778 gram, perendaman 168 jam yaitu 20,1334 gram. Pada waktu perendaman 336 jam kehilangan berat yaitu 20,1221 gram dan 19,9892 gram pada waktu perendaman 504 jam serta pada perendaman 720 jam sebanyak 19,5776 gram. Kesimpulan data tersebut adalah semakin lama waktu perendaman terhadap air laut Semarang semakin banyak berat akhir yang berkurang pada Aluminium 5083 tersebut.



Gambar 3. Grafik Kehilangan Berat (Weightloss) Aluminium 5083 Air Laut Semarang

Kehilangan Berat (*Weight Loss*) pada spesimen Aluminium 5083 dengan media air laut Semarang pada perendaman 24 jam yaitu 0,0817 gram, pada perendaman 168 jam yaitu 0,7261 gram. Pada waktu perendaman 336 jam kehilangan berat yaitu 0,7374 gram dan 0,8703 gram pada waktu perendaman 504 jam serta pada perendaman 720 jam sebanyak 1,2819 gram. . Kesimpulan data tersebut semakin lama waktu perendaman, maka semakin besar kehilangan berat yang terjadi pada Aluminium 5083 tersebut.



Gambar 4. Grafik Laju Korosi Aluminium 5083 Air Laut Semarang

Laju korosi yang terjadi dari periode waktu 24,168,336,504 dan 720 jam air laut Semarang secara berturut-turut adalah 0,0003 mmpy, 0,0004 mmpy, 0,002 mmpy, 0,0001 mmpy dan 0,0002 mmpy. Sehingga diketahui hasil rata-rata sebesar 0,0002 mmpy.

b. Air Laut Jepara

Tabel 4 : hasil Pengujian Air Laut Jepara

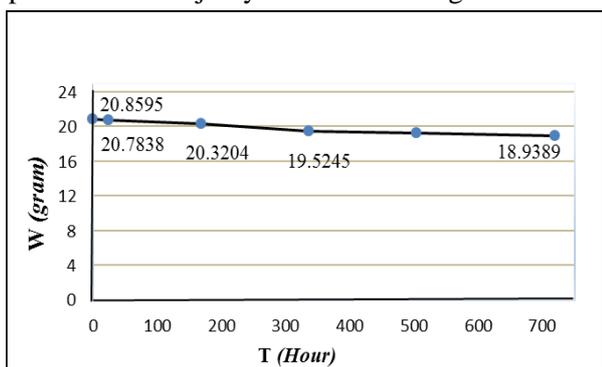
| No | pH Air Laut Jepara | |
|----|--------------------|-------|
| 1 | pH Awal | 7,737 |
| 2 | pH Akhir | 8,300 |
| 3 | Selisih pH | 0,563 |

Data hasil penelitian yang telah dilakukan maka diketahui kehilangan berat pada media air laut Jepara sebagai berikut :

Tabel 5 : Hasil Pengujian Air Laut Jepara

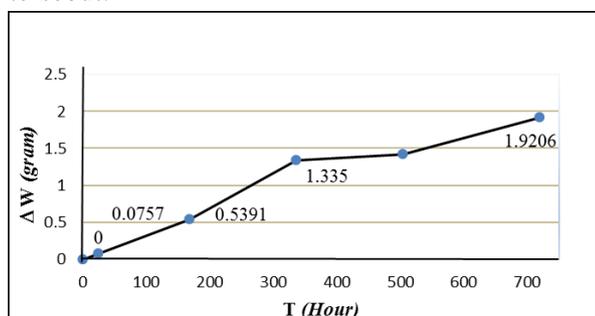
| Air Laut Jepara | | | |
|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Variasi Waktu (Jam) | Berat Akhir (gram) | Kehilangan Berat (gram) | Laju Korosi (mmpy) |
| 0 | 20,8595 | 0 | 0 |
| 24 | 20,7838 | 0,0757 | 0,0003 |
| 168 | 20,3204 | 0,5391 | 0,0003 |
| 336 | 19,5245 | 1,3350 | 0,0004 |
| 504 | - | - | - |
| 720 | 18,9389 | 1,9206 | 0,0003 |

Data berat akhir, kehilangan berat dan laju korosi logam Aluminium 5083 air laut Jepara pada tabel selanjutnya dibuat sebuah grafik :



Gambar 5. Grafik Berat Akhir Aluminium 5083 Air Laut Jepara

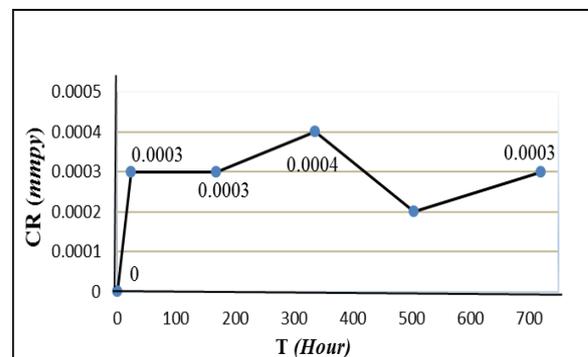
Data tabel 5 dapat kita lihat berat akhir pada spesimen Aluminium 5083 dengan media air laut Jepara perendaman 24 jam yaitu 20,7838 gram, perendaman 168 jam yaitu 20,3204 gram, waktu perendaman 336 jam kehilangan berat yaitu 19,5245 gram serta perendaman 720 jam sebanyak 18,9389 gram. Kesimpulan data tersebut adalah semakin lama waktu perendaman terhadap air laut Jepara semakin banyak berat akhir yang berkurang pada Aluminium 5083 tersebut.



Gambar 6. Grafik Kehilangan Berat Aluminium 5083 Air Laut Jepara

Kehilangan Berat (*Weight Loss*) pada spesimen Aluminium 5083 dengan media air laut Jepara, perendaman 24 jam yaitu 0,0757 gram,

perendaman 168 jam yaitu 0,5391 gram. Pada waktu perendaman 336 jam kehilangan berat yaitu 1,3350 gram serta pada perendaman 720 jam sebanyak 1,9206 gram. Kesimpulan data tersebut semakin lama waktu perendaman, maka semakin besar kehilangan berat yang terjadi pada Aluminium 5083 tersebut.

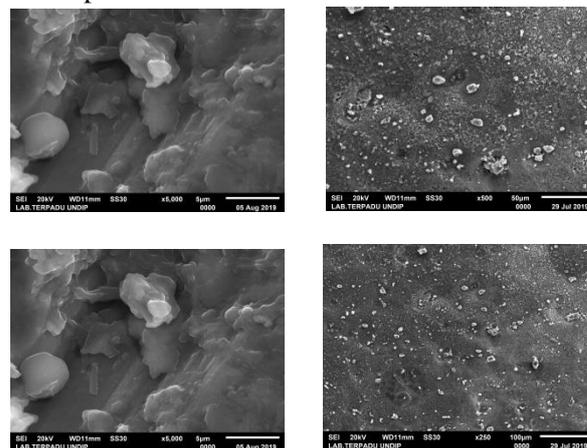


Gambar 7. Grafik Laju Korosi Aluminium 5083 Air Laut Jepara

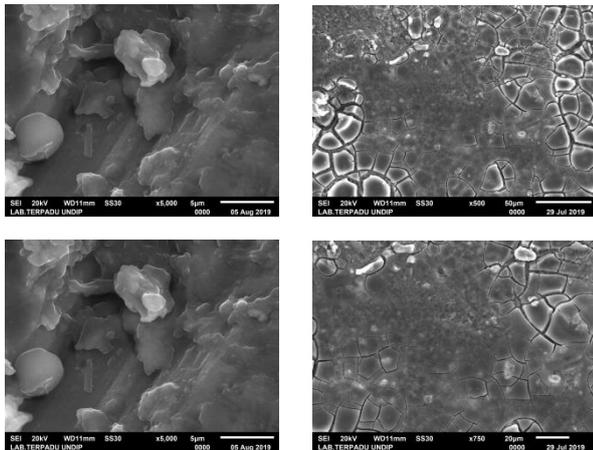
Laju korosi yang terjadi dari periode waktu 24,168,336, dan 720 jam air laut Jepara secara berturut-turut adalah 0,0003 mmpy, 0,0003 mmpy, 0,0004 mmpy dan 0,0003 mmpy. Sehingga diketahui hasil rata-rata sebesar 0,0003 mmpy.

c. Foto Mikrostruktur

Struktur permukaan dari Aluminium 5083 sebelum dan sesudah perendaman terhadap air laut Semarang dan Jepara. Dilihat dari alat uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) [10] Foto mikro menunjukkan adanya korosi pada material aluminium 5083 setelah di lakukan pengujian laju korosi. Foto mikro akan diambil pada spesimen untuk pengujian waktu 720 jam untuk masing-masing air laut, struktur tersebut dapat diketahui perubahan permukaan sebelum dan sesudah perendaman pada air laut Semarang dan Jepara :



Gambar 8. Foto mikro spesimen sebelum perendaman (kiri) dan sesudah perendaman (kanan) dengan pembesaran 250 x dan 500 x pada air laut Semarang.



Gambar 9. Foto mikro spesimen sebelum perendaman (kiri) dan sesudah perendaman (kanan) dengan pembesaran 500 x dan 750 x pada air laut Jepara.

Berdasarkan gambar 8 dan 9 menunjukkan bahwa struktur dari Aluminium 5083 mengalami perubahan setelah dilakukan perendaman dengan waktu yang paling lama yaitu 720 jam dilihat dari alat uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*), terdapat bercak, muncul pori-pori atau lubang, serta retak permukaan akibat dari korosi.

Kesimpulan

Penelitian laju korosi pada material Aluminium seri 5083 berdasarkan standar uji sesuai ASTM G31-72 dengan metode Kehilangan Berat (*Weight Loss*), menggunakan perbedaan waktu serta media air laut berbeda yaitu air laut dari Semarang dan Jepara. Hasil analisa setelah dilakukan perendaman dengan media air laut memperhatikan periode waktu perendaman sampai dengan 720 jam semakin lama waktu perendaman semakin besar kehilangan berat yang terjadi pada Aluminium 5083 yaitu pada air laut Semarang secara berturut-turut sebesar 1,2819 gram sedangkan untuk air laut Jepara sebesar 1,9206 gram. Laju korosi yang terjadi diketahui hasil rata rata sampai periode waktu 720 jam adalah sebesar 0,0002 *mmpy* untuk air laut Semarang dan 0,0003 *mmpy* untuk air laut Jepara. pH atau tingkat keasaman air laut berpengaruh terhadap laju korosi yang terjadi pada Aluminium 5083, nilai paling besar adalah air laut yang memiliki nilai pH paling rendah yaitu pH air laut Semarang 7,883 dengan laju korosi 0,0002 *mmpy* sedangkan pH air laut Jepara adalah 7,737 dengan laju korosi 0,0003 *mmpy*. Sehingga dapat ditarik

kesimpulan air laut Jepara bersifat korosif sehingga mengalami laju korosi yang cepat karena semakin kecil nilai pH semakin basa maka semakin cepat laju korosi yang terjadi pada Aluminium 5083 tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Choirul dan D. H Sutjahjo, Analisis Laju Korosi Material Aluminium 5083 Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal, pp. 17–24. JPTM. Volume 06 Nomor 02 Tahun 2017.
- [2] B. Utomo dan S Alva, Studi Dan Karakterisasi Laju Korosi Logam Aluminium dengan Pelapisan Membran Sol-Gel, Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No. 3, Juni 2017.
- [3] A. K Sari, Studi Karakterisasi Laju Korosi Logam Aluminium Dan Pelapisan Dengan Menggunakan Membran SellulosaA Asetat, Jurnal Teknik Mesin (JTM), Vol. 06, No. 1, Februari 2017
- [4] L. Indah, Studi Laju Korosi Logam Aluminium Dengan Penambahan Inhibitor Dari Ekstrak Daun Karamunting (*Rhodomyrtus Tomentosa*) vol. 7, no. 1, pp. 26–31. 2018
- [5] Fontana, G. Mars *Corrosion Engineering* third edition Mc Graw-Hill Book Company 1986
- [6] H. Perry Robbert. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. Third Printing Mc Graw-Hill Book Company. 1986
- [7] Darmawi, Pelapisan Logam, Buku Pendukung Perkuliahan Pengendalian Korosi Dan Perlakuan Permukaan, cetakan 2, Surabaya : Universitas Sriwijaya. 2018
- [8] Elingga Probe, Fungsi dan Penjelasan mengenai pH meter, Jakarta, netrmedia 2019.
- [10] S. Irawan, Material Teknik Aluminium dan Panduannya, Jakarta : Indonesia Publishing House. 2017
- [11] Munasir, Laju Korosi Baja Sc 42 Dalam Medium Air Laut F-282," Pros. Semin. Nas. Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. 2009
- [12] Y. Anggoro, Scanning Electron Microscope (SEM) dan Optical Emission Spectrocope (OES), Bandung. 2011
- [13] A. Sujatno, R. Salam, A. Dimiyati, and Bandriyana, Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium, *J. Forum Nukl.*, vol. 9, no. November, 2015

- [14] ASTM International *ASTM G31-72 Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United states. 2004