

Analisis laju korosi logam *stainless steel* 316L di media air laut menggunakan metode elektrokimia

Muhammad Alfattah*, I Gusti Ayu Arwati.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Article Info

Article history

Received July 7, 2022

Revised December 25, 2022

Accepted December 27, 2022

Keywords

Inabuooy;
Stainless steel 316L;
Electrochemical;
SEM;

ABSTRACT

Indonesia is a country that often experiences tsunami disasters; therefore, a tool is needed for early detection of tsunamis, through a technological innovation a tool called inabuooy is created, this inabuooy is an early detection tool for tsunamis that uses sensors under the sea. Ina buooy is placed in the sea where tsunamis often occur. This inabuooy uses 316L stainless steel as a frame that is submerged in seawater. Because of its position in the sea, corrosion will occur due to immersion in sea water. In this study, 316L stainless steel material will be tested with seawater media and various immersions for 0 hour, 24 hours, 48 hours, 72 hours, and 96 hours using the electrochemical method. This study aims to determine the corrosion rate of stainless steel 316L which was tested in electrochemistry using seawater media and with variations of immersion 0 hour, 24 hours, 48 hours, 72 hours, and 96 hours. After doing the research, the results showed that the corrosion rate showed the lowest corrosion rate occurred in specimens 0 hours of immersion with an average value of $4,5681 \times 10^{-3} \text{ mmPY}$ while the highest corrosion rate occurred in specimens subjected to 96 hours of immersion, showing an average value of $8,6811 \times 10^{-3} \text{ mmPY}$. From the surface morphology SEM test, it was seen that there were holes that occurred at 0 hours of immersion, namely the formation of black dots and small holes, then at 96 hours of immersion, deep and spread holes were seen on the surface

This is an open-access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



*Corresponding Author

Muhammad Alfattah,
Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknik,
Universitas Mercu Buana,
Jl. Warung Buncit Raya No.98, RT.1/RW.7, Pejaten Bar., Kec. Ps. Minggu, Kota Administrasi Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12510
Email: fattahana7@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Ina buooy (Indonesia buooy) adalah alat pendeteksi dini tsunami yang bekerja pada permukaan air laut, buooy adalah alat terapung yang dapat mendeteksi gelombang tsunami yang diakibatkan gempa bumi bawah laut. Buooy ini akan melakukan proses mengawasi dan melakukan pencatatan perubahan pada tingkat air laut di samudera. *Ina buooy* ini diletakkan di beberapa titik yang sering terjadi bencana tsunami, alat ini menggunakan sensor pendeteksi tsunami dengan daya baterai dan dibiarkan di laut dalam periode tahunan. Rangka *ina buooy*

menggunakan *SUS 316L/stainless steel 316L*, dikarenakan pentingnya komponen rangka ini, maka perlu penelitian ketahanan terhadap korosi metal rangka tersebut dalam fungsi kerjanya dilingkungan laut.

Korosi merupakan proses perusakan material yang mengalami penurunan kualitas, yang disebabkan oleh lingkungan baik itu secara kimia atau elektrokimia pada waktu pemakaiannya. Terkorosinya suatu logam pada lingkungan elektrolit/air adalah proses elektrokimia. Hal ini terjadi ketika ada reaksi setengah sel yang melepas elektron dan reaksi setengah yang menerima elektron tersebut. Hal ini akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan yang dinamis yaitu dimana jumlah elektron yang akan dilepas sama dengan jumlah elektron yang akan diterima. Beberapa syarat dimana proses ini dapat terjadi:

- a. Anoda adalah tempat terjadinya reaksi oksida dimana ion negatif berkumpul.
- b. Katoda adalah tempat terjadinya reaksi reduksi dimana ion positif berkumpul.
- c. Media elektrolit sebagai penghantar elektron antara anoda dan katoda.
- d. Adanya arus akibat pergerakan elektron [1]

Metode elektrokimia merupakan metode untuk mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial benda untuk mendapatkan nilai laju korosi, metode ini mengukur perkiraan laju korosi [2]

Laju korosi yaitu cepatnya rambatan atau cepatnya penurunan kualitas dari bahan terhadap waktu. Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan satuan *mm/th* (standar internasional) atau *mill/year (mpy, standar British)* satuan inilah yang sering digunakan. Ketahanan pada material terhadap proses korosi, umumnya memiliki ketahanan nilai laju korosi diantara 1 – 200 mpy [3].

Stainless steel 316L adalah Baja nirkarat dengan paduan logam besi, dengan kandungan CR=18%, dan Ni=8%, serta karbon sebagai material paduan. *Stainless steel 316L* adalah Baja Austenitik yang sering digunakan dalam industry, karena memiliki beberapa sifat yang khas, seperti : tahan terhadap karat, mempunyai daya tahan yang baik terhadap panas, permukaannya yang tahan aus, tahan terhadap temperature tinggi, densitasnya cukup besar, mudah untuk dibersihkan, kuat dalam perlakuan tempa, mengkilat, dan nampak menarik [4]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi *stainless steel 316L* yang dilakukan pengujian dalam elektrokimia menggunakan media air laut dan dengan variasi perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Metode

Tahap Perendaman Material

Setelah material dipotong dan di proses pickling, maka selanjutnya material di rendam dalam media air laut dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam. Prosesnya yaitu :

1. Menyiapkan 12 material untuk proses perendaman
2. Menyiapkan media air laut, dan 4 pot salep sebagai tempat perendaman
3. Masukkan 3 spesimen pada masing – masing gelas ukur, masukkan air laut dan diamkan dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam

2.2 Bahan

1. Penelitian ini menggunakan beberapa alat yaitu :
 1. Tang
 2. Gunting
 3. Alat Corrtest CS350
 4. Alat Uji SEM
 5. Gerinda Tangan
 6. Bor Tangan
 7. Mata bor
 8. Pot Salep
 9. Amplas
 10. Elektroda Bantu (Platina)
 11. Spidol
 12. Penggaris
2. Penelitian menggunakan beberapa bahan diantaranya adalah :
 1. Air Laut
 2. Kabel ETERNA CU/PVC 1.5 mm² 450/750V
 3. Material stainless steel 316L
 4. Resin epoxy (Dextone)
 5. HNO₃

6. HF
7. NaOH
8. Aquades

2.3 Persiapan Material

1. Material *stainless steel* 316L dipotong dengan ukuran 20 x 10 x 2.5 cm, selanjutnya di bor untuk jalur masuknya kabel sebagai penghantar arus listrik saat proses elektrokimia
2. Material diampas menggunakan amplas grade 800, 1000, 1200 dan disimpan dalam wadah kedap udara
3. Pembuatan cairan *pickling* untuk pembersihan permukaan logam *ASTM A380* [4]

Larutan basa :

1. Hidrogen Fluorida (HF)

Proses pembuatan larutan 1% HF, yaitu dengan menggunakan larutan murni HF 55% untuk pickling material dan ditambahkan dengan tambahan aquades 1000 ml, dengan komposisi campuran menggunakan rumus pengencer:

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 & (1) \\ V_1 \times 55\% &= 1000 \times 1\% \\ V_1 &= \frac{1000 \times 1\%}{55\%} \\ &= 18,181 \text{ ml} \end{aligned}$$

Hasil pembuatan larutan pickling dari HF sebanyak 18,181 ml

2. NaOH

Proses pembuatan larutan 5% NaOH, yaitu dengan menggunakan larutan murni NaOH 30% untuk pickling material dan ditambahkan dengan tambahan aquades 1000 ml, dengan komposisi campuran menggunakan rumus pengencer:

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 & (2) \\ V_1 \times 30\% &= 1000 \times 5\% \\ V_1 &= \frac{1000 \times 5\%}{30\%} \\ &= 166,66 \text{ ml} \end{aligned}$$

Hasil pembuatan larutan pickling dari NaOH sebanyak 166,66 ml

Larutan Asam :

1. HNO₃

Proses pembuatan larutan 10% HNO₃, yaitu dengan menggunakan larutan murni HNO₃ 68% untuk pickling material dan ditambahkan dengan tambahan aquades 1000 ml, dengan komposisi campuran menggunakan rumus pengencer:

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 & (3) \\ V_1 \times 68\% &= 1000 \times 10\% \\ V_1 &= \frac{1000 \times 10\%}{68\%} \\ &= 147,058 \text{ ml} \end{aligned}$$

Hasil pembuatan larutan pickling dari HNO₃ Sebanyak 147,058 ml

2.4 Pengujian Laju Korosi Menggunakan Metode Elektrokimia

Pada pengujian metode elektrokimia ini menggunakan pengujian polarisasi potensiodinamik, Spesimen logam *stainless steel* 316L tanpa pelapisan coating akan diuji elektrokimia untuk mengetahui kemampuan passivasi dan menentukan laju korosi yang terjadi pada logam *stainless steel*. Pada proses elektrokimia polarisasi potensiodinamik memanfaatkan arus listrik yang mengalir dari material yang bermuatan positif (anoda) yaitu platina ke logam yang bermuatan negative (katoda) yaitu logam *Stainless Steel* 316L.

Polarisasi potensiodinamik didaerah anodik dapat digunakan untuk mengetahui daerah pasif logam saat berada di lingkungan korosif. Polarisasi potensiodinamik dapat menggambarkan kemampuan logam secara spontan membentuk lapisan pasif pada potensial dan densitas arus tertentu. Pengukuran laju korosi dengan uji polarisasi potensiodinamik dapat mengidentifikasi sifat passivasi logam dan dapat memprediksi karakteristik logam dalam lingkungan tertentu.[2]

Pengujian polarisasi potensiodinamik ini menggunakan potensiostat CS 350 dengan media air laut dan potensial arus sebesar -1 V hingga 1 V dengan nilai scan rate sebesar 5 mV/s.

Berikut ini proses yang akan dilakukan didalam penelitian yaitu :

1. Menyiapkan media air laut yang sebelumnya dalam gelas ukuran 500 ml
2. Lakukan pengujian pada specimen *stainless steel* yang tidak dilakukan perendaman dengan Spesimen *Stainless Steel* sebagai katoda(negative) dan Platina sebagai anoda(positif)

3. Spesimen Stainless Steel 316L langsung dihubungkan dengan arus negative pada DC power Supply dan platina dihubungkan ke arus positif
4. Lakukan pengujian elektrokimia, setelah selesai pengujian lalu spesimen dikeringkan

Langkah – langkah pengujian yang dilakukan proses perendaman yaitu :

1. Menyiapkan media air laut
Menurut Lyman dan Fleming dalam Peureulak (2009) garam yang terkandung didalam air laut yaitu: NaCl (68,1%), HgCl₂ (14,4%), NaSO₄ (11,4%), KCl (3,9%), CaCl₂ (3,2%), NaHCO₃ (0,3%), KBr (0,3%), lain-lain (0,1%).[5]
2. Spesimen baja yang telah dilakukan perendaman selama 24 jam dilakukan pengujian dengan specimen stainless steel 316L sebagai katoda (negative) dan platina sebagai anoda (positif)
3. Spesimen Stainless Steel langsung dihubungkan dengan arus negative pada DC power Supply dan platina dihubungkan ke arus positif
4. Lakukan pengujian elektrokimia, setelah selesai pengujian specimen lalu dikeringkan
5. Ulangi Langkah pengujian dari langkah pertama sampai ke lima sesuai dengan variasi waktu perendaman

Setelah proses pengujian, akan didapatkan hasil berupa data dan grafik potensial (V) terhadap densitas arus (A/cm²). Proses Analisis Tafel digunakan untuk mengetahui nilai potensial arus korosi (E_{corr}) dan nilai densitas arus korosi (I_{corr}), Untuk menentukan nilai laju korosi.[1]

2.5 Analisis Morfologi Permukaan Logam

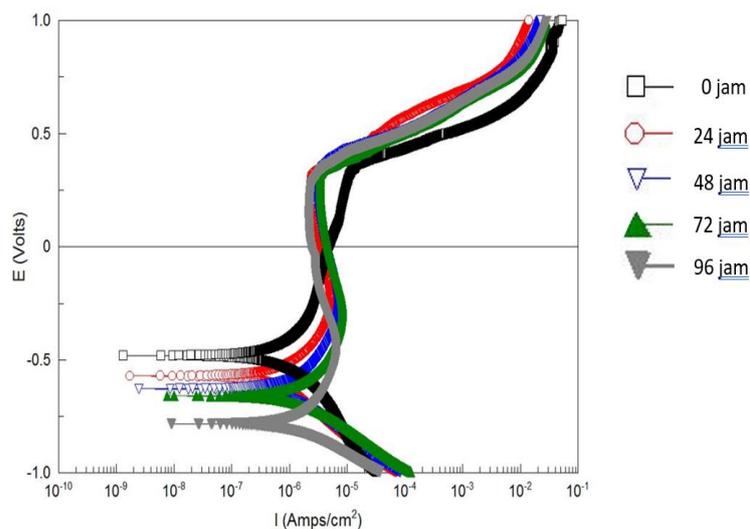
Setelah dilakukan proses pengujian elektrodposisi, selanjutnya dilakukan pengujian dengan pengujian SEM meliputi morfologi dari permukaan *Stainless Steel* 316L tanpa proses coating/proses pengecatan dengan variasi waktu perendaman yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengambil gambar morfologi pada specimen uji yang telah melalui proses perendaman dan proses pengujian elektrokimia

Spesimen *stainless steel* 316L akan diletakkan lalu ditempel diatas alat SEM spesimen holder, dengan menggunakan carbon double tipe dengan penampang lintang (cross section) dengan mengarah vertikal atau ke arah atas lensa obyektif. supaya susunan lapisan matriks pada bahan dengan lapisan oksida ini terlihat dengan jelas. Double tape ini terbuat dari bahan karbon yang konduktif di dua sisi yang berfungsi menghantarkan semua elektron yang masuk ke dalam spesimen keluar melalui grounding.[4]

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Laju Korosi Dengan Metode Elektrokimia

Analisa laju korosi ini menggunakan metode elektrokimia dengan Teknik polarisasi potensiodinamik untuk spesimen *stainless steel* tanpa proses coating dengan variasi perendaman pada air laut selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam. Variasi perendaman pada air laut selama 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam dari penelitian Pengujian Polarisasi potensiodinamik dengan *potential range* yang digunakan adalah -1 V hingga 1 V dengan nilai *scan rate* 5 mV/s, *potential range* ini didapat dari penelitian yang dilakukan oleh [6]. Berdasarkan hasil grafik tafel polarisasi akan diketahui nilai potensial (E) terhadap Log densitas arus (I). hasil dari metode adalah kurva antara potensial (E) terhadap Log densitas arus (I)



Gambar 1: Grafik Polarisation Potensiodinamik Potensial (E) Terhadap Arus (I) *stainless steel* 316L Tanpa Coating Dengan Variasi Perendaman Pada Media Air Laut

Tabel 1: Hasil Analisa Tafel Potensiodinamik stainless steel 316L Dengan Variasi Perendaman Pada Media Air Laut

Sampel	Lama Perendaman Media Air Laut	Spesimen	Icorr (A/cm ²)	Ecorr (v)	Laju Korosi (mmPY)	Rata – rata (mmPY)
Stainless Steel 316L	0 jam	Spesimen 1	4.5539 x 10 ⁻⁶	-0.28409	4,8727 x 10 ⁻³	4,5681 x 10 ⁻³
		Spesimen 2	3.8705 x 10 ⁻⁶	-0.43688	4,1415 x 10 ⁻³	
		Spesimen 3	4.3831 x 10 ⁻⁶	-0.53566	4,69 x 10 ⁻³	
Stainless Steel 316L	24 jam	Spesimen 1	5.3782x10 ⁻⁶	-0.21832	5,7547 x 10 ⁻³	5,9491 x 10 ⁻³
		Specimen 2	5.5113x10 ⁻⁶	-0.37424	5,8972 x 10 ⁻³	
		Specimen 3	5.7901x10 ⁻⁶	-0.38979	6,1954 x 10 ⁻³	
Stainless Steel 316L	48 jam	Spesimen 1	6.1935x10 ⁻⁶	-0.1318	6,627 x 10 ⁻³	6,6039 x 10 ⁻³
		Specimen 2	6.1025x10 ⁻⁶	-0.43145	6,5298 x 10 ⁻³	
		Specimen 3	6.2196x10 ⁻⁶	-0.38688	6,655 x 10 ⁻³	
Stainless Steel 316L	72 jam	Spesimen 1	6.9708x10 ⁻⁶	-0.46205	7,4588 x 10 ⁻³	7,7 x 10 ⁻³
		Specimen 2	7.18x10 ⁻⁶	-0.43415	7,6826 x 10 ⁻³	
		Specimen 3	7.4379x10 ⁻⁶	-0.15556	7,9586 x 10 ⁻³	
Stainless Steel 316L	96 jam	Spesimen 1	8.0784x10 ⁻⁶	-0.18904	8,6439 x 10 ⁻³	8,6811 x 10 ⁻³
		Specimen 2	8.1143x10 ⁻⁶	-0.1823	8,6824 x 10 ⁻³	
		Specimen 3	8.1469x10 ⁻⁶	-0.58559	8,7172 x 10 ⁻³	

Tabel 1 diatas merupakan Hasil dari Pengujian Perendaman menggunakan Metode Elektrokimia dengan menggunakan Pengujian Polarisis Potensiodinamik pada spesimen *stainless steel* 316L, menunjukkan Laju korosi hasil terhadap spesimen tanpa pelapisan *coating*, yang direndam dengan variasi lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam di media air laut.

Dari tabel 1 Nilai korosi dapat ditentukan dengan berdasarkan nilai *Icorr*. Semakin tinggi nilai *Icorr*, maka nilai laju korosi juga meningkat [7]. Pada perendaman 0 jam sampai dengan 96 jam, arus terlihat semakin meningkat semula 4.5539 x 10⁻⁶ A/cm² meningkat menjadi 8.0784x10⁻⁶ A/cm². Dari data tersebut didapat nilai laju korosi, nilai laju korosi pada perendaman 0 jam didapatkan rata-rata 4,5681 x 10⁻³ mmPY, pada perendaman 24 jam didapatkan rata-rata 5,9491 x 10⁻³ mmPY, pada perendaman 48 jam didapatkan rata-rata 6,6039 x 10⁻³ mmPY, pada perendaman 72 jam didapatkan rata-rata 7,7 x 10⁻³ mmPY, pada perendaman 96 jam didapatkan rata-rata 8,6811 x 10⁻³ mmPY. Ini menunjukkan nilai laju korosi yang terjadi terdapat pada kategori “*Outstanding*” dengan kisaran nilai laju korosi < 0,02 mm/yr atau < 2 x 10⁻². Untuk nilai *Ecorr* untuk melihat nilai potensial yang yang terjadi dengan satuan V atau (Volts)

Dari data tersebut menunjukkan laju korosi terendah terjadi pada specimen 0 jam perendaman dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 4,5681 x 10⁻³ mmPY sedangkan laju korosi tertinggi terjadi pada specimen yang dilakukan perendaman 96 jam, menunjukkan angka nilai rata-rata sebesar 8,6811 x 10⁻³ mmPY, ini menunjukkan nilai laju korosi yang terjadi meningkat seiring lamanya waktu perendaman [7]

3.2 Analisis Morfologi SEM

Pengujian *SEM* (*Scanning Electron Microscope*) ini dilakukan di laboratorium BRIN dengan tipe Quanta 650. Pada pengujian *SEM* (*Scanning Electron Microscope*) ini bertujuan untuk melihat penggambaran struktur lapisan yang lebih jelas dengan skala perbesaran yang lebih besar, sehingga diperoleh gambaran yang jelas terkait korosi yang terjadi.[8]

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron, terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu. Elektron berinteraksi dengan atom dalam sampel, menghasilkan berbagai sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan dan komposisi sampel.[9]

Dari hasil pengujian laju korosi terendah ada pada perendaman 0 jam dan laju korosi tertinggi ada pada perendaman 96 jam. Kemudian akan dilakukan pengujian SEM dengan perbesaran 30x, 200x, 500x, 1000x, 2500x supaya dapat terlihat gambar morfologi permukaan *stainless steel* 316L pada perendaman 0 jam dan 96 jam yang direndam pada media air laut.

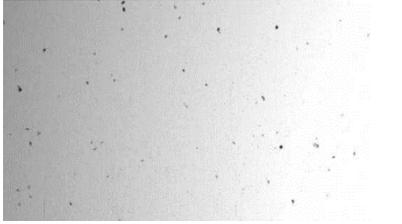
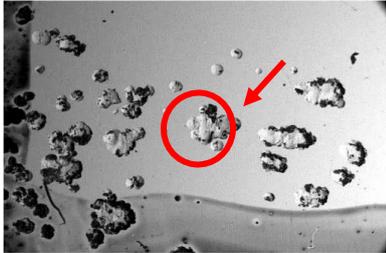
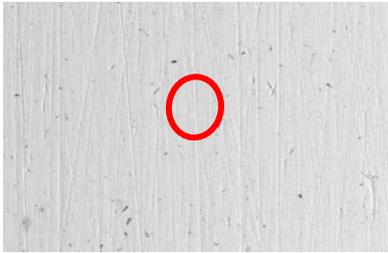
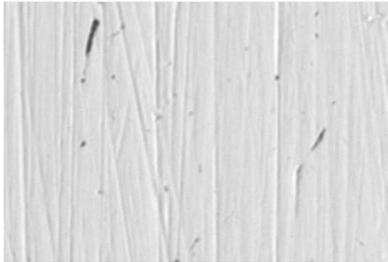
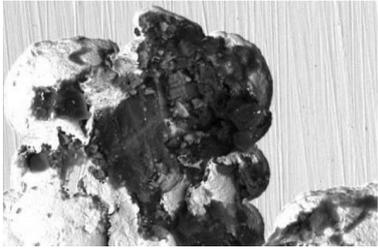
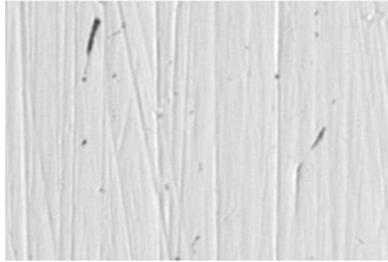
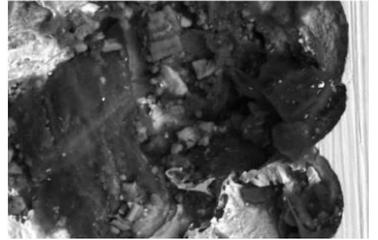
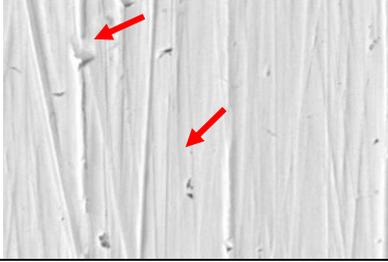
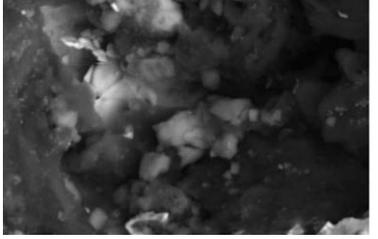
Morfologi permukaan korosi yang terjadi menunjukkan bahwa jenis korosi utama baja tahan karat 316L adalah korosi *pitting* [10]. Dari table 2 dapat diketahui bahwa *pitting* timbul pada daerah yang mengalami goresan (*scratch*). Ini menjelaskan awal mula terbentuknya *pitting*. *Scratch* membuat daerah disekitarnya bersifat lebih anodik sedangkan daerah yang bebas cacat bersifat katodik [11].

Hasil pengujian *SEM* terlihat pada perbesaran 30x pada perendaman 0 jam sudah terlihat titik-titik hitam dan lubang- lubang kecil pada permukaan. Ketika di perbesar 200x, 500x 1000x, terlihat goresan dan titik hitam semakin jelas, dan diperbesar pada 2500x terlihat lubang-lubang kecil yang terdapat pada permukaan. Pada perendaman 96 jam diperbesar 30x sudah terlihat lubang-lubang yang dalam dan menyebar

pada permukaan. Ketika diperbesar 200x, 500x, 1000x, 2500x, semakin terlihat dengan jelas lubang-lubang yang terjadi semakin dalam.

Hasil *SEM* menunjukkan kemungkinan terjadinya *pitting corrosion* yang ditandai dengan lubang lubang berbentuk *hemispherical* sesuai dengan penelitian [12]. Lalu korosi yang terjadi yaitu serangan korosi terlokalisir berupa korosi *pitting* yang tersebar merata di permukaan. Ini sesuai dengan penelitian [13]. Dan korosi menunjukkan, retakan dan pori-pori mikro menjadi lebih besar, ini menunjukkan Baja tahan karat 316L menunjukkan kepasifan sampai *pitting*. ini sesuai dengan penelitian [14].

Tabel 2: Hasil Pengujian SEM

Perbesaran	Perendaman 0 Jam Pada Media Air Laut	Perendaman 96 Jam Pada Media Air Laut
30x perbesaran		
200x perbesaran		
500x perbesaran		
1000x perbesaran		
2500x perbesaran		

4. KESIMPULAN

Analisis laju korosi pada spesimen *stainless steel* 316L pada media air laut dengan perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam dengan metode elektrokimia potensiodinamik. Didapatkan data menunjukkan laju korosi terendah terjadi pada specimen 0 jam perendaman dengan nilai rata-rata sebesar $4,5681 \times 10^{-3}$ mmPY sedangkan laju korosi tertinggi terjadi pada specimen yang dilakukan perendaman 96 jam, menunjukkan angka nilai rata-rata sebesar $8,6811 \times 10^{-3}$ mmPY, ini menunjukkan nilai laju korosi yang terjadi meningkat seiring lamanya waktu perendaman.

Hasil pengujian *SEM* morfologi permukaan pada logam *stainless steel* 316L terlihat adanya lubang-lubang yang terjadi pada perendaman 0 jam yaitu terbentuknya titik hitam dan lubang-lubang kecil, lalu pada perendaman 96 jam terlihat lubang-lubang yang dalam dan menyebar pada permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ramadhani, "Analisis Laju Korosi Pada Material AA5052 Dengan Menggunakan Inhibitor Rhamnose Di Lingkungan Asam Sulfat Dengan Metode Elektrokimia," Universitas Mercubuana, 2020.
- [2] F. Gapsari, *Pengantar Korosi*. Malang: UB Press, 2017.
- [3] Y. K. Afandi, I. S. Arief, J. Teknik, S. Perkapalan, and F. T. Kelautan, "Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating," vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [4] A. Gunawan, "Efek Pelapisan Inhibitor Kitosan Secara Electrophoretic Deposition Terhadap Laju Korosi Pada Logam SS 316L," Universitas Mercubuana, 2019.
- [5] L. J and F. R, "Composition of seawater. Journal of Marine Research," pp. 134–146, 1940.
- [6] E. W. Agustian, "Analisis Laju Korosi Baja ST 37 Pada Bodi Mobil Toyota Limo Menggunakan Metode ELEktrokimia Dengan Media Air Hujan, Air Laut, dan Air PAM," Universitas Mercubuana, 2022.
- [7] Muhajirin, "Pengaruh Pelapisan Arabic Gum Dengan Teknik Elektrodeposisi Terhadap Laju Korosi Aluminium Alloy 5052 Di Lingkungan Simulasi PEMFC," Universitas Mercubuana, 2018.
- [8] P. Kutschmann *et al.*, "Assessing the Corrosion Resistance of Thermal Spray Stainless-Steel Coatings in Electrochemical Corrosion Tests," 2022.
- [9] M. Ari, H. B. K, and I. K. R, "Analisa Kegagalan Superheater Tube Boiler Berpelapis Baja Tahan Karat Pendekatan Metalografi dan Komposisi Kimia," pp. 253–258, 2019.
- [10] K. Lakkam, S. Mkerur, and A. Shirahatti, "Effect of pitting corrosion on the mechanical properties of 316 grade stainless steel," *Mater. Today Proc.*, vol. 27, no. xxxx, pp. 497–502, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2019.11.293.
- [11] T. Ron, O. Dolev, A. Leon, A. Shirizly, and E. Aghion, "Effect of Phase Transformation on Stress Corrosion Behavior of Additively Manufactured Austenitic Stainless Steel Produced by Directed Energy Deposition," 2021.
- [12] T. Duan *et al.*, "Long-term field exposure corrosion behavior investigation of 316L stainless steel in the deep sea environment," *Ocean Eng.*, vol. 189, no. September, p. 106405, 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106405.
- [13] F. Farikhin, "Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif," Universitas Mercubuana, 2016.
- [14] P. Srisungsitthisunti and S. Mahathanabodee, "Surface modification on AISI 316L stainless steels by nanosecond laser with boron nitride powders a b c d," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 3, pp. 9461–9466, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.10.125.