

PENGARUH DISSOLVED OXYGEN (DO) TERHADAP LAJU KOROSI STAINLESS STEEL 304 PADA LARUTAN NaCl 0,1 M

*Reihan Rahmadi¹, Agus Suprihanto², Gunawan Dwi Haryadi³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: reihanrahmadi07@gmail.com

Abstrak

Stainless steel 304 merupakan paduan baja *austenitik* yang mengandung lebih dari 18% Cr dan 8% Ni. *Stainless steel 304* memiliki kemampuan kombinasi kekuatan luluh rendah dengan perpanjangan tinggi, ketahanan korosi yang sangat tinggi, dan berfungsi baik pada suhu tinggi [1]. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh dissolve oxygen (DO) terhadap laju korosi stainless steel 304 pada larutan natrium klorida 0,1 M, dan menentukan apakah material stainless steel 304 merupakan material yang tahan terhadap laju korosi larutan natrium klorida 0,1 M. Penelitian dengan tentang pengaruh dissolve oxygen (DO) terhadap laju korosi *stainless steel 304* dalam larutan natrium klorida 0,1 M terdiri dari 5 (lima) tahapan. Pertama, membuat 12 spesimen uji yang dilakukan untuk 4 variasi. Kedua, variasi waktu pemberian gelembung oksigen pada larutan NaCl 0,1 M. Ketiga, pengujian surface roughness. Keempat, membandingkan hasil foto makrostruktur untuk melihat permukaan yang akan sebelum dan setelah pengujian korosi. Kelima, pengujian korosi dengan metode *Potensiostat*. Hasil pengujian laju korosi pada *stainless steel 304* dalam larutan elektrolit NaCl 0,1 M dengan 4 (empat) variasi waktu pemberian gelembung oksigen selama 0-7 menit menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai DO maka laju korosi semakin meningkat, dengan laju korosi terbesar diperoleh pada pemberian gelembung oksigen selama 7 menit dengan konsentrasi DO sebesar 5,570 ppm dan nilai laju korosi 0,010085333 mmpy. *Stainless steel 304* merupakan baja yang tahan korosi, sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada pengujian makrostruktur, korosi yang terjadi pada stainless steel 304 sangat sedikit.

Kata kunci: *dissolve oxygen (DO)*; korosi; laju korosi; metode ekstrapolasi tafel; *stainless steel 304*

Abstract

Stainless steel 304 is an austenitic steel alloy containing more than 18% Cr and 8% Ni. *Stainless steel 304* has the ability to combine low yield strength with high elongation, very high corrosion resistance, and function well at high temperatures [1]. The purpose of this study was to determine the effect of dissolved oxygen (DO) on the corrosion rate of stainless steel 304 in 0.1 M sodium chloride solution, and determine whether stainless steel 304 is a material that is resistant to the corrosion rate of 0.1 M sodium chloride solution. Research on the effect of dissolved oxygen (DO) on the corrosion rate of stainless steel 304 in 0.1 M sodium chloride solution consists of 5 (five) stages. First, make 12 test specimens carried out for 4 variations. Second, time variation of giving oxygen bubbles in 0.1 M NaCl solution. Third, testing surface roughness. Fourth, compare the results of macrostructure photos to see the surface to be before and after corrosion testing. Fifth, corrosion testing with *Potentiostat* method. The results of testing the corrosion rate on stainless steel 304 in 0.1 M NaCl electrolyte solution with 4 (four) variations in the time of giving oxygen bubbles for 0-7 minutes showed that the higher the DO value, the higher the corrosion rate. oxygen bubbles for 7 minutes with a DO concentration of 5.570 ppm and a corrosion rate of 0.010085333 mmpy. *Stainless steel 304* is a corrosion-resistant steel, according to the results shown in macrostructural testing, the corrosion that occurs in stainless steel 304 is very little.

Keywords: *dissolve oxygen (DO)*; corrosion; corrosion rate; stainless steel 304; tafel extrapolation method

1. Pendahuluan

Korosi merupakan salah satu masalah krusial yang memberikan pengaruh negatif terhadap lingkungan dan industri di seluruh dunia [2]. Fenomena alam dan material khususnya logam mempunyai suatu keterikatan dalam suatu sistem dan proses. Hubungan tersebut diimplementasikan dalam suatu proses kerusakan yang disebut korosi. Korosi merupakan kerusakan material khususnya logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan yang menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lain yang lebih dikenal sebagai pengkaratan [3]. Korosi merupakan penurunan kualitas logam yang disebabkan oleh reaksi kimia bahan logam dengan unsur-unsur lain yang terdapat di alam [4]. Efek serangan korosi secara langsung mempengaruhi sektor ekonomi, teknologi, keselamatan dan lingkungan [2]. Korosi mengakibatkan penurunan kualitas pada baja sehingga mengakibatkan baja menjadi cepat lemah dan rusak [5]. Korosi merupakan kerusakan (destructive) yang dihasilkan oleh reaksi elektrokimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungan. Korosi muncul pada beberapa bidang kehidupan manusia terutama pada bahan-bahan dari jenis logam sehingga dikenal sebagai pengkaratan atau pengeroposan yang berdampak negatif dan perlu untuk dihindari [6]. Dalam dunia industri, barang hasil produksi dibuat dan dirancang supaya memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan, terutama produk yang berbahan logam. Stainless steel memiliki aplikasi seperti pada gedung pencakar langit, implan medis hingga beragam aplikasi terkait makanan [7].

Stainless steel merupakan bahan konstruksi kinerja tinggi yang menggabungkan kekuatan dan kekakuan terkait dengan paduan besi dengan ketahanan korosi terutama berasal dari kandungan kromium yang tinggi [8]. Stainless steel merupakan baja nirkarat yang tahan terhadap korosi karena terdiri dari paduan minimal 18% chrom dan 8% nikel. Dalam penelitian ini digunakan Stainless Steel 304 yang mengandung kromium (antara 18% dan 20%) dan nikel (antara 8% dan 10,5%), karbon (C) 0,07 %, mangan (Mn) 2,00 %, silikon (Si) 1,00%, posfor (P) 0,045%, sulfur (S) 0,015%, nitrogen (N) 8%-10%, dan besi (Fe) seimbang [9].

Oksigen merupakan elemen paling banyak di bumi, baik sebagai O₂ dan O₃ (ozon) serta beberapa senyawa termasuk molekul air. Gas oksigen dapat ditemukan dalam air akibat proses difusi dari udara di permukaan air, aerasi, ataupun proses fotosintesa. Pengaruh gas O₂ terhadap kecepatan korosi berbeda antara sistem tertutup dengan sistem terbuka. Pada sistem terbuka, kecepatan korosi akan semakin meningkat seiring peningkatan temperatur namun di atas 80oC akan semakin menurun karena air melepaskan gas O₂ ke udara. Sedangkan pada sistem tertutup, kecepatan korosi semakin meningkat seiring peningkatan temperatur, karena oksigen tidak dapat bebas dari sistem dan meningkatkan kelarutannya dalam uap air. Oksigen merupakan gas terlarut yang paling agresif dibandingkan CO₂ atau H₂S [10]. Dissolved oxygen (DO) sangat mempengaruhi kecepatan terbentuknya produk korosi, semakin tinggi nilai dissolved oxygen (DO) pada suatu perairan maka akan memiliki tingkat korosi yang tinggi [11].

Berdasarkan penjelasan di atas, akan dilakukan penelitian tentang pengaruh dissolve oxygen (DO) terhadap laju korosi stainless steel 304 dalam larutan natrium klorida 0,1 M menggunakan metode elektrokimia menggunakan alat potensiostat serta analisis dengan metode ekstrapolasi tafel, uji surface roughness, uji makrostruktur dan uji laju korosi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Stainless steel 304

Stainless steel merupakan bahan konstruksi kinerja tinggi yang menggabungkan kekuatan dan kekakuan terkait dengan paduan besi dengan ketahanan korosi terutama berasal dari kandungan kromium yang tinggi.

2.2. Larutan NaCl 0,1 M

Pada penelitian tugas akhir ini digunakan larutan NaCl 0,1 M digunakan sebagai media atau elektrolit yang akan digunakan untuk menghantarkan arus listrik sehingga dapat dilakukan pengujian untuk menentukan laju korosi pada spesimen uji.

1. Untuk menentukan Molaritas NaCl 0,1 M. menggunakan rumus :

$$M = \frac{n}{V} \quad 0,1M = \frac{n}{1 L} \quad 0,1 = \frac{\text{gram}}{58,5 \text{ gram/mol}}$$

5.85 gram NaCl dalam 1 Liter aquadest

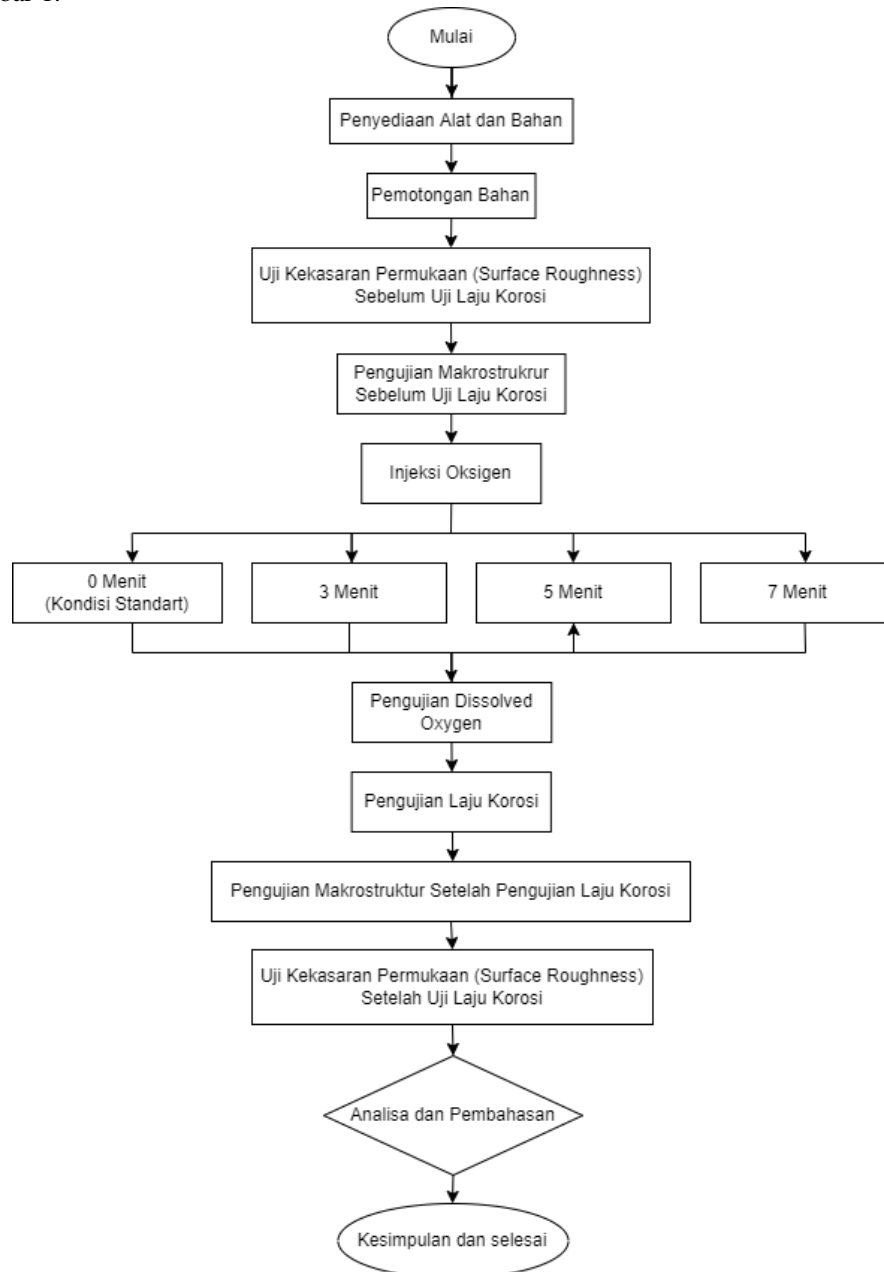
2. Untuk menentukan salinitas NaCl 0,1 M adalah dengan rumus berikut

$$\frac{5,85 \text{ gram}}{1000} = \frac{x}{100} \quad x = 0,585 \%$$

Jadi nilai salinitas dari NaCl 0,1 M adalah 0,585%

2.3. Alur Penelitian

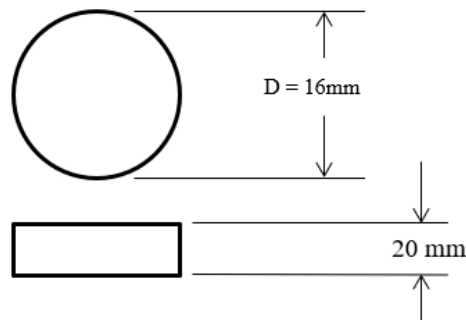
Penelitian dengan tentang pengaruh dissolve oxygen (DO) terhadap laju korosi stainless steel 304 dalam larutan natrium klorida 0,1 M terdiri dari 5 (lima) tahapan. Pertama, membuat 12 spesimen uji yang dilakukan untuk 4 variasi. Kedua, variasi waktu pemberian gelembung oksigen pada larutan NaCl 0,1 M. Ketiga, pengujian surface roughness. Keempat, membandingkan hasil foto makrostruktur untuk melihat permukaan yang akan sebelum dan setelah pengujian korosi. Kelima, pengujian korosi dengan metode Potensiostat. Tahapan diatas dijelaskan pada diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.4. Pemotongan Spesimen

Spesimen yang digunakan adalah stainless steel 304 yang disiapkan sepanjang 500mm dan akan dipotong sebanyak 12 potong dengan panjang masing-masingnya adalah 20mm. Kemudian material tersebut akan dilakukan proses cutting atau dipotong dengan dimensi yaitu diameter 16x20 mm sebagai spesimen uji. Untuk lebih jelasnya dimensi gambar spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Ekstraksi Serat Rami

2.5. Grinding and Polishing

Proses grinding dan polishing dilakukan dengan menggunakan amplas kertas abrasive dengan ukuran yang di butuh pada saat pengujian adalah 120, 240,400,600,800,1000 dan 1200. Proses polishing dilakukan secara bertahap, mulai dari nomer 120 sampai 1200. Untuk hasil dari polishing dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hasil setelah Grinding dan Polishing

2.6. Pengujian Kekasaran Permukaan (Surface Roughness)

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan sebelum dan setelah pengujian laju korosi. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat Countourecord yang ada di lab material Teknik mesin Universitas Diponegoro. Alat ini terbagi 2 yakni CPU sebagai alat kontrol dan Stylus sebagai sensor yang berbentuk diamon.



Gambar 4. Proses pengujian kekasaran permukaan

2.7. Injeksi Oksigen

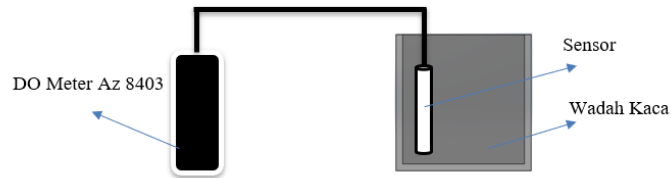
Injeksi oksigen dilakukan dengan sederhana, yaitu dengan cara memasukkan batu gelembung dimasukkan kedalam gelas kaca, lalu ditutup dengan sterofoam agar oksigen tetap terjaga didalam gelas kaca. Injeksi oksigen dilakukan 4 variasi. 0 menit atau tidak diberi gelembung, 3 menit pemerian gelembung, 5 menit pemberian gelembung, dan 7 menit pemerian gelembung.



Gambar 4. Skema injeksi oksigen

2.8. Pengujian Dissolved Oxygen (DO)

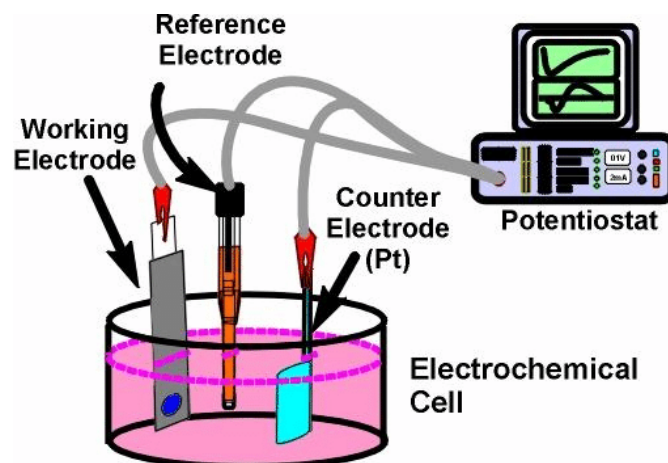
Pengujian dissolved oxygen dilakukan setiap proses injeksi oksigen dilakukan dan sebelum pengujian laju korosi dilakukan. Pengujian dissolved oxygen dilakukan agar dapat diketahui apa pengaruh dissolved oxygen tersebut terhadap hasil uji korosi.



Gambar 5. Skema pengujian *Dissolved Oxygen*

2.9. Pengujian Laju Korosi dengan CortTest CS Type CS3000

Pengujian laju korosi dengan metode elektrokimia dapat menggunakan peralatan potensiostat. Potensiostat digunakan sebagai alat elektronik pengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja dan elektroda acuan. Adapun platform potensiostat yang digunakan dalam pengujian yakni CortTest CS Type CS300.



Gambar 6. Skema pengujian laju korosi

2.10. Pengujian Makrografi

Pada pengujian makrografi digunakan mikroskop optik dengan perbesaran 50x. Untuk pengujian makrografi dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan pengujian laju korosi. Pengujian dilakukan dengan alat Olympus BX3M Series – Microscope Metallography



Gambar 7. Proses pengambilan data pengujian makrografi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian *Dissolves Oxygen* (DO)

Pengujian DO dilakukan dengan 4 variasi waktu, yaitu 0 menit, 3 menit, 5 menit, dan 7 menit pemberian gelembung. Pengambilan data DO dilakukan setelah proses pemberian gelembung dilakukan. Hasil dari pengambilan data DO seperti pada Tabel 1.

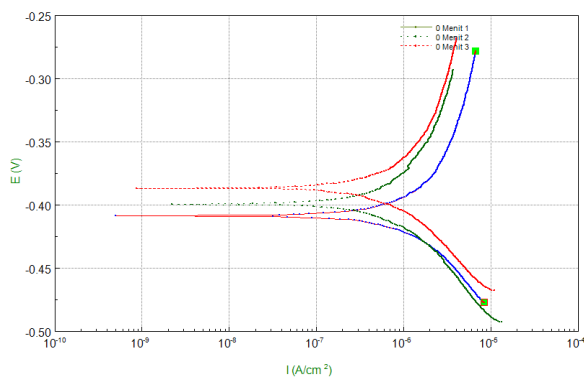
Tabel 1. Hasil Pengujian *Dissolves Oxygen* (DO)

| No | Data Hasil Pengujian DO | | |
|----|--------------------------------|---------|--------------------|
| | Variasi <i>Dissolve Oxygen</i> | Data DO | Rata-rata DO (ppm) |
| 1 | Gelembung 0 menit | 4,38 | 4,14 |
| | | 4,05 | |
| | | 4 | |
| 2 | Gelembung 3 menit | 4,97 | 4,98 |
| | | 5,16 | |
| | | 4,81 | |
| 3 | Gelembung 5 menit | 5,24 | 5,28 |
| | | 5,19 | |
| | | 5,42 | |
| 4 | Gelembung 7 menit | 5,51 | 5,57 |
| | | 5,66 | |
| | | 5,54 | |

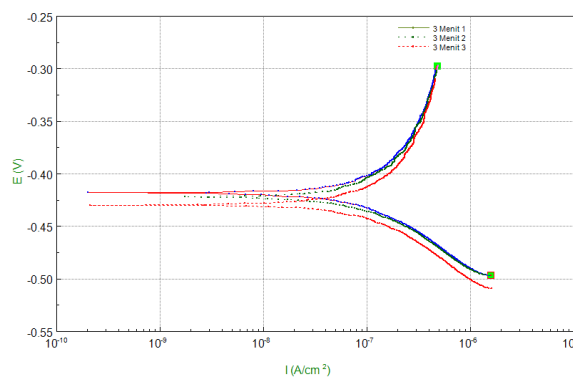
Berdasarkan tabel diatas semakin lama waktu pemberian gelembung oksigen pada larutan, maka nilai persentase DO dan konsentrasi DO akan semakin naik, hal tersebut sesuai dengan prinsip semakin tinggi kelarutan oksigen dalam larutan, maka semakin meningkatkan nilai DO pada larutan. Dari tabel dapat dihitung rata-rata kenaikan konsentrasi DO setiap menit adalah 0,191 ppm. Nilai DO tertinggi diperoleh pada pemberian gelembung oksigen selama 7 menit sebesar 5,57 ppm.

3.2. Hasil Pengujian Laju Korosi

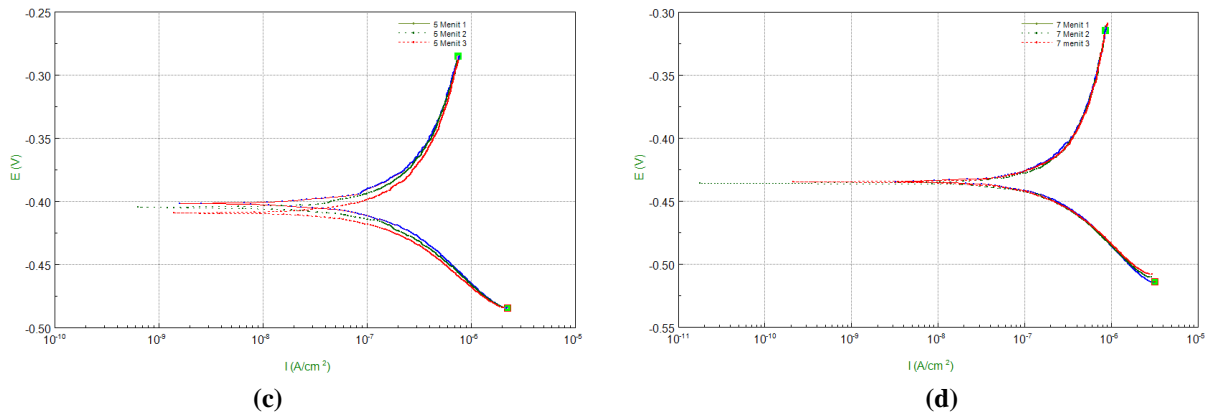
Hasil pengujian laju korosi pada stainless steel 304 dengan larutan elektrolit NaCl 0,1 M dengan 4 variasi waktu pemberian gelembung oksigen yaitu selama 0-7 menit menunjukkan hasil semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh semakin tinggi nilai DO (*Dissolved Oxygen*) pada larutan, maka tingkat laju korosi yang dialami oleh spesimen juga akan semakin tinggi [11]. Kandungan oksigen terlarut yang tinggi akan meningkatkan laju korosi. Oksigen terlarut didalam air akan memicu proses oksidasi pada permukaan logam. Oksidasi dari logam merupakan proses korosi, sehingga permukaan logam akan membentuk oksida logam yang dapat dilihat sebagai karat [12]. Hasil pengujian laju korosi dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.



(a)



(b)

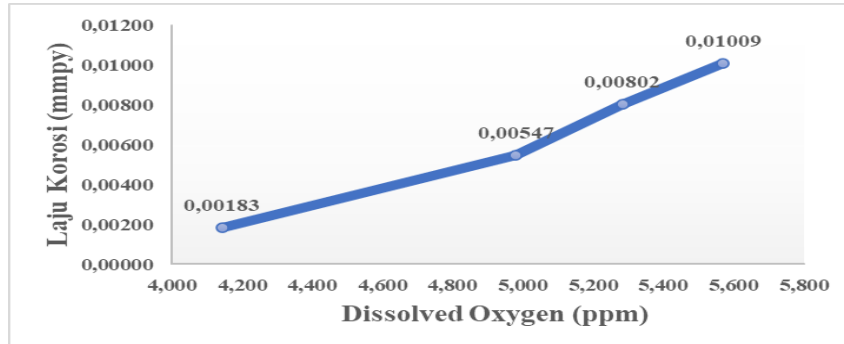


Gambar 8. (a) Grafik laju korosi variasi 0 menit, (b) Grafik laju korosi variasi 3 menit, (c) Grafik laju korosi variasi 5 menit, (d) Grafik laju korosi variasi 7 menit

Nilai laju korosi terlambat diperoleh pada variasi DO dengan pemberian gelembung selama 0 dengan nilai rata-rata adalah 0,001832067 mmpy, sedangkan nilai laju korosi tercepat diperoleh pada variasi DO dengan pemberian gelembung selama 7 menit dengan nilai rata-rata adalah 0,010085333 mmpy.

Tabel 2. Hasil Pengujian Laju Korosi

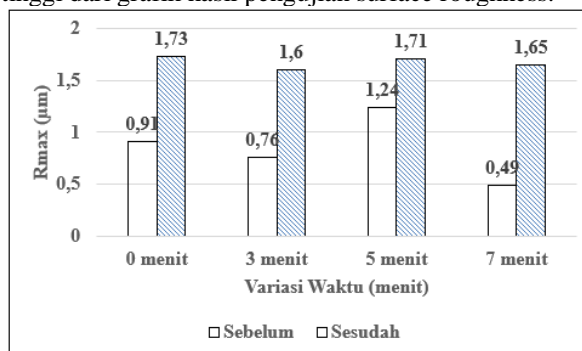
| No | Rata-Rata DO (ppm) | Rata-rata Laju Korosi (mmpy) |
|----|--------------------|------------------------------|
| 1 | 4,143 | 0,00183 |
| 2 | 4,980 | 0,00547 |
| 3 | 5,283 | 0,00802 |
| 4 | 5,570 | 0,01009 |



Gambar 9. Kurva pengaruh dissolved oxygen vs laju korosi *stainless steel* 304

3.3. Hasil Pengujian Pengujian Kekasaran (Surface Roughness)

Pengujian surface roughness dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh uji laju korosi terhadap kekasaran permukaan spesimen. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah uji laju korosi. Nilai yang diambil adalah Rmax, Rmax merupakan titik tertinggi dari grafik hasil pengujian surface roughness.



Gambar 10. Grafik perbandingan kekasaran permukaan sebelum dan sesudah uji korosi pada *stainless steel* 304

Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai R_{max} dari spesimen meningkat setelah pengujian laju korosi pada setiap variasi pemberian gelembung yang dilakukan. Kekasaran signifikan ditunjukkan pada variasi waktu pemberian gelembung oksigen selama 7 menit yang memiliki nilai kenaikan kekasaran sebesar $1,16 \mu m$. Hal ini membuktikan bahwa korosi yang terjadi meningkatkan nilai kekasaran permukaan pada stainless steel 304.

4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh *dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel* 304 pada larutan NaCl 0,1 M adalah sebagai berikut.

1. Hasil pengujian laju korosi pada stainless steel 304 pada larutan elektrolit NaCl 0,1 M dengan 4 (empat) variasi waktu pemberian gelembung oksigen selama 0-7 menit menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai DO maka laju korosi semakin meningkat, dengan laju korosi terbesar diperoleh pada pemberian gelembung oksigen selama 7 menit dengan konsentrasi DO sebesar 5,570 ppm dan nilai laju korosi 0,010085333 mmpy.
2. Stainless steel 304 merupakan baja yang tahan korosi, sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada pengujian makrostruktur, korosi yang terjadi pada stainless steel 304 sangat sedikit.

5. Daftar Pustaka

- [1] L. Zhang, K. Y. Luo, J. Z. Lu, Y. K. Zhang, F. Z. Dai, and J. W. Zhong, "Effects of laser shock processing with different shocked paths on mechanical properties of laser welded ANSI 304 stainless steel joint," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 528, no. 13–14, pp. 4652–4657, 2011, doi: 10.1016/j.msea.2011.02.054.
- [2] K. Tasliyana and Nofrizal, "MENGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA (Measurement of Corrosion Inhibitor Performance using Electrochemical Methode,)" *Lembaran Publ. Miny. dan Gas Bumi*, vol. 53, no. 2, pp. 2–5, 2019.
- [3] O. Rizki, "Analisa Laju Korosi Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Metode Astm G31-72 Pada Media Air Nira Aren," *JTM*, vol. 01, no. 1, pp. 112–117, 2015.
- [4] M. F. Sidiq, "ANALISA KOROSI DAN PENGENDALIANNYA M. Fajar Sidiq," *J. Foundry*, vol. 3, no. 1, pp. 2087–2259, 2013.
- [5] K. A. Yudha, S. A. Irfan, and Amiadji, "Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating," *Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [6] A. Yunus, "Korosi Logam dan Pengendaliannya; Artikel Review," *J. POLIMESIN*, 2019, doi: 10.30811/jpl.v9i1.1.
- [7] A. Sandoval-Amador, J. E. Torres-Ramirez, D. Y. Vargas-Castro, J. R. Caceres-Nuñez, H. A. Estupiñan-Duran, and D. Y. Peña-Ballesteros, "Electrochemical behavior of stainless steel AISI 430 exposed to simulated food," *Rev. Mater.*, vol. 23, no. 1, 2018, doi: 10.1590/s1517-707620170001.0295.
- [8] L. Gardner, "Stability and design of stainless steel structures – Review and outlook," *Thin-Walled Struct.*, vol. 141, no. December 2018, pp. 208–216, 2019, doi: 10.1016/j.tws.2019.04.019.
- [9] M. M and R. Septiawan, "Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, 2018, doi: 10.30596/rmme.v1i1.2437.
- [10] E. B. M. Siregar, "Hutan-edi batara13," *Pencemaran Udar. Respon Tanam. Dan Pengaruhnya Pada Mns.*, vol. e-USU Repo, 2017.
- [11] N. Iskandar, S. Nugroho, and I. Krisna, "Analisis Laju Korosi pada Lingkungan Sungai Terhadap Material Pipa Stainless Steel 304 dan Pipa Galvanis di Kota Semarang," *Rotasi*, vol. 22, no. 4, pp. 266–271, 2020.
- [12] A. Nikitasari, B. Fadillah, S. Oediyani, and E. Mabururi, "Polarisasi Potensiodinamik Baja Beton di dalam Larutan Simulasi yang Terkontaminasi Air Laut dan Karbonat," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 17, no. 4, 2018.