

PENGARUH *DISSOLVED OXYGEN* (DO) TERHADAP LAJU KOROSI *STAINLESS STEEL* 316 PADA LARUTAN NaCl 0.9%

*Insannul Hakim¹, Agus Suprihanto², Gunawan Dwi Haryadi²

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: insannul.hakim01@gmail.com

Abstrak

Stainless steel 316 merupakan paduan baja austenitik sekitar 16–18% kromium, 10–14% nikel, dan 2–3% molibdenum. *Stainless steel 316* tergolong material serbaguna (*versatile*) karena kemampuannya untuk digunakan di berbagai sektor industri dengan kondisi lingkungan yang sangat berbeda. Keunggulan ini berasal dari kombinasi ketahanan korosi yang tinggi, sifat mekanis yang stabil, serta kemudahan fabrikasi dan pengelasan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh *dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel 316* pada larutan natrium klorida 0.9%, dan menentukan material *stainless steel 316* merupakan material yang tahan terhadap laju korosi larutan natrium klorida 0.9%. Penelitian dengan tentang pengaruh *dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel 316* dalam larutan natrium klorida 0.9% terdiri dari 5 (lima) tahapan. Pertama, membuat 12 spesimen uji yang dilakukan untuk 4 variasi. Kedua, variasi waktu pemberian gelembung oksigen pada larutan NaCl 0.9%. Ketiga, pengujian surface roughness. Keempat, membandingkan hasil foto makrostruktur untuk melihat permukaan yang akan sebelum dan setelah pengujian korosi. Kelima, pengujian korosi dengan metode Potensioestat. Hasil pengujian laju korosi pada *stainless steel 316* dalam larutan elektrolit NaCl 0.9% dengan 4 (empat) variasi waktu pemberian gelembung oksigen selama 0-9 menit menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai DO maka laju korosi semakin meningkat, dengan laju korosi terbesar diperoleh pada pemberian gelembung oksigen selama 9 menit dengan konsentrasi DO sebesar 5,76 ppm dan nilai laju korosi 0,00143360 mmpy. *Stainless steel 316* merupakan baja yang tahan korosi, sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada pengujian makrostruktur, korosi yang terjadi pada *stainless steel 316* sangat sedikit.

Kata kunci : *dissolved oxygen* (do); korosi; laju korosi; metode ekstrapolasi tafel; *stainless steel 316*

Abstract

Stainless steel 316 is an austenitic steel alloy containing approximately 16–18% chromium, 10–14% nickel, and 2–3% molybdenum. It is classified as a versatile material due to its ability to perform in a wide range of industrial sectors under diverse environmental conditions. This versatility is attributed to its excellent corrosion resistance, stable mechanical properties, and ease of fabrication and welding. The aim of this study is to determine the effect of dissolved oxygen (DO) on the corrosion rate of 316 stainless steel in a 0.9% sodium chloride solution, and to assess whether 316 stainless steel is resistant to corrosion in such an environment. The research consists of five stages. First, the preparation of 12 test specimens for four different treatment variations. Second, variation in oxygen bubbling duration into the 0.9% NaCl solution. Third, surface roughness testing. Fourth, macrostructural imaging before and after corrosion testing to observe surface condition. Fifth, corrosion testing using the Potentiostat method. The results indicate that increasing DO concentration leads to a higher corrosion rate. The highest corrosion rate was observed after 9 minutes of oxygen bubbling, reaching a DO concentration of 5.76 ppm and a corrosion rate of 0.00143360 mm/year. Based on macrostructural observations, the corrosion on 316 stainless steel was minimal, confirming its classification as a corrosion-resistant alloy.

Keywords: corrosion; corrosion rate; dissolved oxygen (do); stainless steel 316; tafel extrapolation method

1. Pendahuluan

Korosi merupakan proses kerusakan material yang berlangsung secara perlahan (umumnya terjadi pada logam) akibat interaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan sekitarnya. Proses ini tidak hanya berdampak pada penurunan integritas struktural material, tetapi juga menimbulkan konsekuensi serius dalam berbagai sektor industri. Secara global,

korosi menjadi permasalahan yang signifikan karena dapat menyebabkan terhentinya operasional fasilitas industri, pemborosan material yang bernilai ekonomis tinggi, serta kontaminasi atau kehilangan produk. Dalam industri manufaktur, produk berbasis logam dirancang dengan mempertimbangkan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan agresif, seperti kelembaban, suhu ekstrem, dan bahan kimia korosif [1]. Salah satu produk paduan logam yang banyak digunakan di masa kini adalah *stainless steel*.

Stainless steel adalah jenis paduan logam yang tahan karat karena paduan logam ini mengandung unsur kromium yang tinggi [2], serta sering kali dibentuk dengan unsur tambahan seperti nikel, molibdenum, dan unsur lainnya yang berperan dalam meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan proses oksidasi [3]. Pada penelitian ini digunakan austenitik *stainless steel* 316 yang mengandung kromium (Cr) antara 16% dan 18% dan nikel (Ni) antara 10% dan 14%, karbon (C) 0,08 %, mangan (Mn) 2,00 %, silikon (Si) 0,75%, posfor (P) 0,045%, sulfur (S) 0,030%, nitrogen (N) 0,1%, molibdenum (Mo) antara 2% dan 3% dan besi (Fe) seimbang [4]. Kandungan unsur molibdenum yang khas pada paduan *stainless steel* 316 memberikan peningkatan signifikan terhadap ketahanan korosi celah dan *pitting* [5] (Ha dkk, 2018).

Oksigen merupakan elemen paling banyak di bumi, baik sebagai O^2 dan O^3 (ozon) serta beberapa senyawa termasuk molekul air. Gas oksigen dapat ditemukan dalam air akibat proses difusi dari udara di permukaan air, aerasi, ataupun proses fotosintesis. Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO) memiliki peran penting dalam proses korosi elektrokimia pada logam, khususnya dalam lingkungan berair. Hal ini sangat signifikan pada logam seperti baja karbon dan *stainless steel*, terutama dalam media yang mengandung ion klorida, seperti air laut atau larutan NaCl. Peningkatan oksigen terlarut mempercepat baik proses anodik maupun katodik [6]. Peningkatan DO dalam larutan garam secara langsung mempercepat terbentuknya oksida besi pada permukaan baja karbon, mempercepat proses degradasi material [7]. Kemudian Rahmadi membuktikan bahwa laju korosi *stainless steel* 304 meningkat secara linier dengan durasi paparan terhadap gelembung oksigen dalam larutan NaCl 0,1 M [8].

Berdasarkan penjelasan diatas, akan dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mencari tahu pengaruh *dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel* 316 dalam larutan natrium klorida 0,9% dengan 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* 316

Stainless steel adalah material konstruksi berkinerja tinggi yang menggabungkan kekuatan dan kekakuan yang khas pada paduan besi, dengan ketahanan terhadap korosi yang diperoleh terutama dari kandungan kromium yang tinggi. Komposisi kimia dari bahan penelitian *stainless steel* 316 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Material *Stainless Steel* 316

Komposisi	Kandungan (%)
Karbon	0,0366
Mangan	1,22
Sulfur	0,0113
Fosfor	0,0126
Silikon	0,693
Kromium	16,5
Nikel	10,00
Nitrogen	<0,05
Molibdenum	2,33
Besi	Seimbang

2.2 Larutan NaCl 0,9%

Dalam penelitian tugas akhir ini, larutan NaCl 0,9% digunakan sebagai media atau elektrolit untuk menghantarkan arus listrik, yang memungkinkan dilakukannya pengujian guna menentukan laju korosi pada spesimen uji. Kandungan dari NaCl 0,9% dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

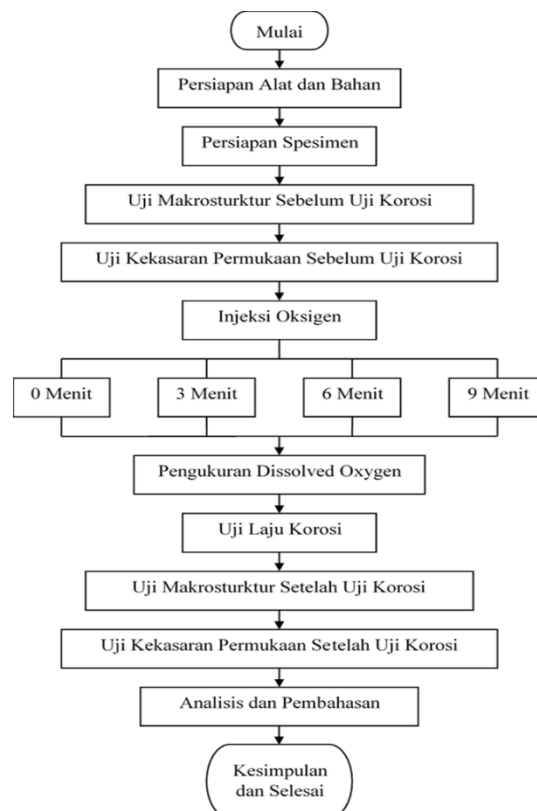
Tabel 2. Kandungan Larutan NaCl 0,9%

Nama Bahan	Larutan NaCl 0,9%
------------	-------------------

Merek	Otsuka
Air	500 ml
Garam	0,9 g per 100 ml air
pH	4,5 – 7,0

2.3 Alur Penelitian

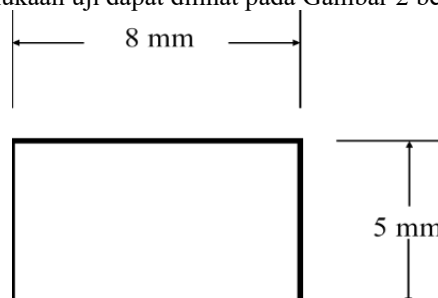
Penelitian dengan tentang pengaruh *dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel* 316 dalam larutan natrium klorida 0,9% terdiri dari 5 (lima) tahapan. Pertama, membuat 12 spesimen uji yang dilakukan untuk 4 variasi. Kedua, variasi waktu pemberian gelembung oksigen pada larutan NaCl 0,9%. Ketiga, pengujian *surface roughness*. Keempat, membandingkan hasil foto makrostruktur untuk melihat permukaan yang akan sebelum dan setelah pengujian korosi. Kelima, pengujian korosi dengan Potensiostat. Tahapan ini dijelaskan pada diagram alir Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.4 Pemotongan Spesimen

Spesimen yang digunakan adalah *stainless steel* 316 yang dengan dimensi 200 mm x 100 mm dengan ketebalan 5 mm dan akan dipotong sebanyak 12 buah. Material tersebut akan dipotong sehingga memiliki dimensi yaitu 10 mm x 8 mm x 5 mm sebagai spesimen uji. Pada penelitian kali ini, luas permukaan yang akan di uji korosi adalah 40 mm². Untuk lebih jelasnya gambar luas permukaan uji dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Dimensi Luas Permukaan Uji

2.5 Grinding dan Polishing

Proses *grinding* dan *polishing* dilakukan dengan menggunakan kertas amplas abrasif dengan berbagai ukuran yang diperlukan selama pengujian, yaitu 120, 240, 400, 600, 800, 1000, dan 1200 grit. Proses *polishing* dilakukan secara bertahap, dimulai dari ukuran 120 grit hingga mencapai ukuran 1200 grit. Hasil akhir dari proses *polishing* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hasil *Grinding* dan *Polishing* Spesimen

2.6 Pengujian Makrostruktur

Pengujian makrostruktur dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 50x. Pengamatan dilakukan baik sebelum maupun setelah pengujian laju korosi. Mikroskop yang digunakan dalam pengujian ini adalah Olympus BX3M Series – Microscope Metallography. Mikroskop yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Mikroskop Olympus BX3M Series – Microscope Metallography

2.7 Pengujian Kekasaran Permukaan

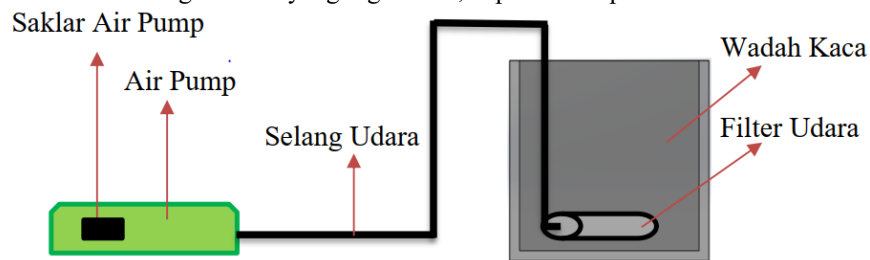
Pengujian kekasaran permukaan dilakukan sebelum dan setelah pengujian laju korosi. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan Surftest J-210 produksi Mitutoyo yang ada di Laboratorium Metrologi Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Alat uji kekasaran permukaan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Surface Roughness Tester Mitutoyo Surftest J-210

2.8 Injeksi Oksigen

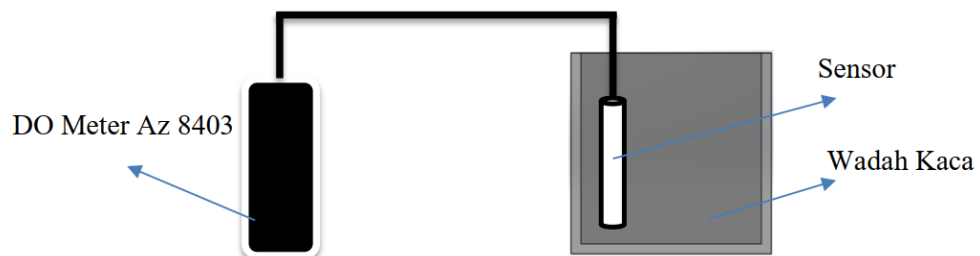
Injeksi oksigen dilakukan menggunakan pompa akuarium dengan variasi waktu yang berbeda, yaitu 0 menit, 3 menit, 6 menit, dan 9 menit. Injeksi oksigen bertujuan untuk meningkatkan kadar *dissolved oxygen* dalam larutan NaCl 0,9%. Untuk penjelasan lebih rinci mengenai alat yang digunakan, dapat dilihat pada skema Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Skematik Alat Injeksi Oksigen [1]

2.9 Pengujian *Dissolved Oxygen* (DO)

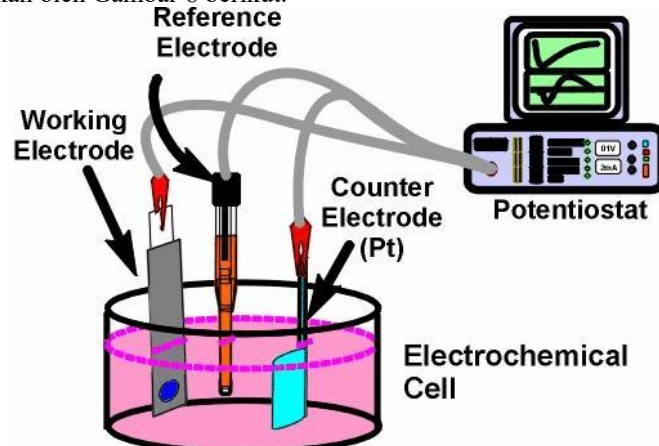
Pengujian *dissolved oxygen* dilakukan setelah setiap proses injeksi oksigen dan sebelum pengujian laju korosi dimulai. Tujuan dari pengujian *dissolved oxygen* adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi oksigen terlarut terhadap hasil uji korosi. Alat yang digunakan adalah *Dissolved oxygen Meter* AZ-8403. Gambar dari skematik pengujian *dissolved oxygen* ditunjukkan oleh Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Skematik Pengujian *Dissolved oxygen* [1]

2.10 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi menggunakan metode elektrokimia dapat dilakukan dengan alat potensiostat. Potensiostat berfungsi sebagai perangkat elektronik yang mengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja dan elektroda acuan. Dalam pengujian ini, platform potensiostat yang digunakan adalah CorrTest CS Type CS300. Gambar dari skematik pengujian laju korosi ditunjukkan oleh Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Skematik Pengujian Laju Korosi [1]

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Pengujian *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengujian DO dilakukan dengan 4 variasi waktu, yaitu 0 menit, 3 menit, 6 menit, dan 9 menit pemberian gelembung. Pengambilan data DO dilakukan setelah proses pemberian gelembung dilakukan. Hasil dari pengambilan data DO dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian *Dissolved Oxygen*

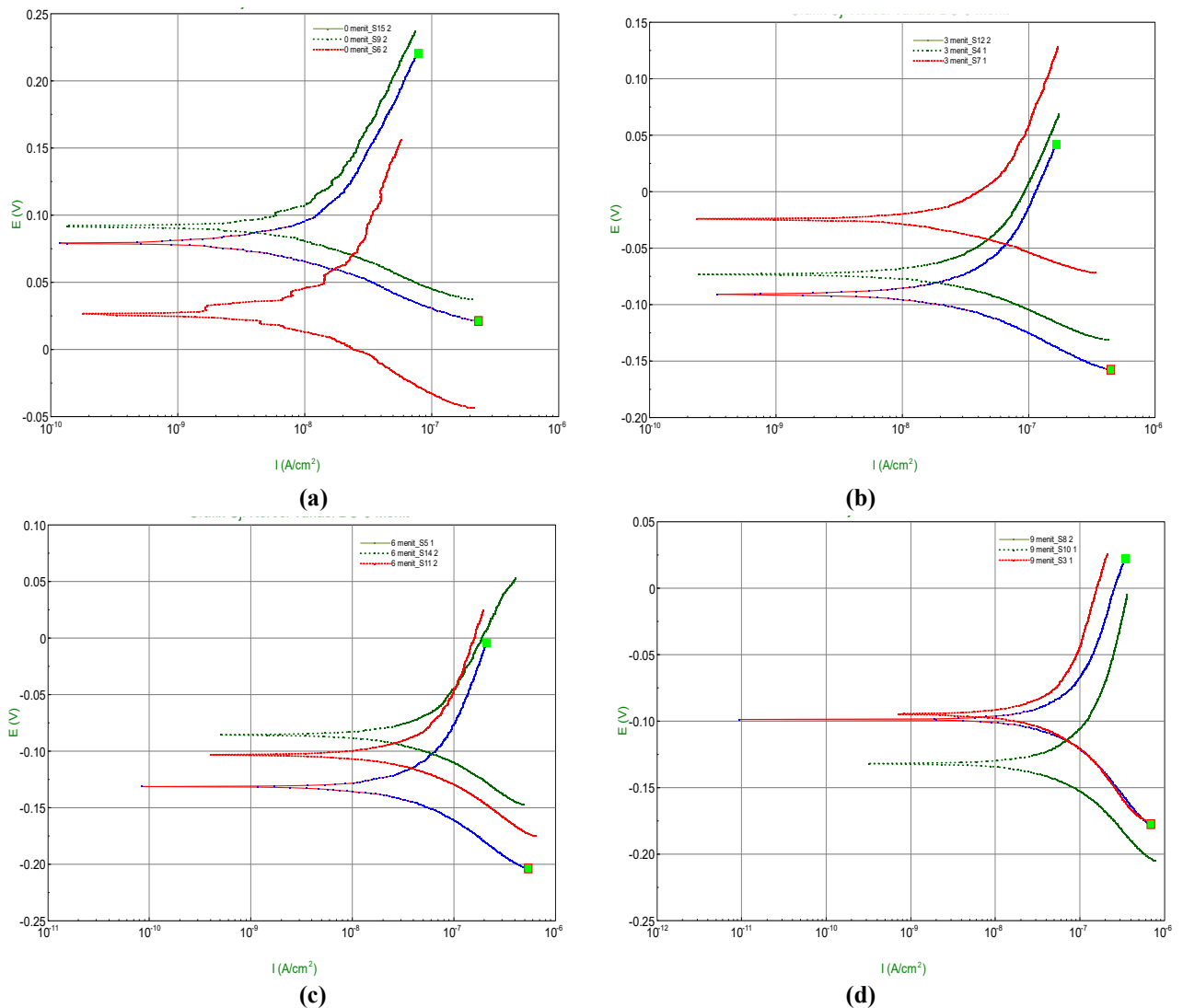
Data Hasil Pengujian Dissolved Oxygen		
Variasi DO	Nilai (ppm)	Rata-rata (ppm)
0 Menit	3,78	3,99
	3,94	
	3,78	
	4,14	
	4,21	
	4,11	
3 Menit	4,82	4,67
	4,75	
	4,68	
	4,59	
	4,62	
	4,53	
6 Menit	5,08	5,16
	5,22	
	4,93	
	5,20	
	5,38	
	5,13	
9 Menit	5,49	5,76
	5,88	
	6,06	
	5,68	
	5,54	
	5,89	

Berdasarkan data pada tabel, terlihat bahwa semakin lama durasi pemberian gelembung oksigen ke dalam larutan, maka nilai persen DO dan konsentrasi DO menunjukkan peningkatan. Fenomena ini sejalan dengan prinsip dasar bahwa peningkatan kelarutan oksigen dalam larutan akan berbanding lurus dengan kenaikan kadar DO [9]. Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa rata-rata kenaikan konsentrasi DO per menit adalah sebesar 0,196 ppm. Konsentrasi DO tertinggi tercatat pada durasi pemberian gelembung selama 9 menit, yaitu sebesar 5,76 ppm.

3.2 Analisis Pengujian Laju Korosi

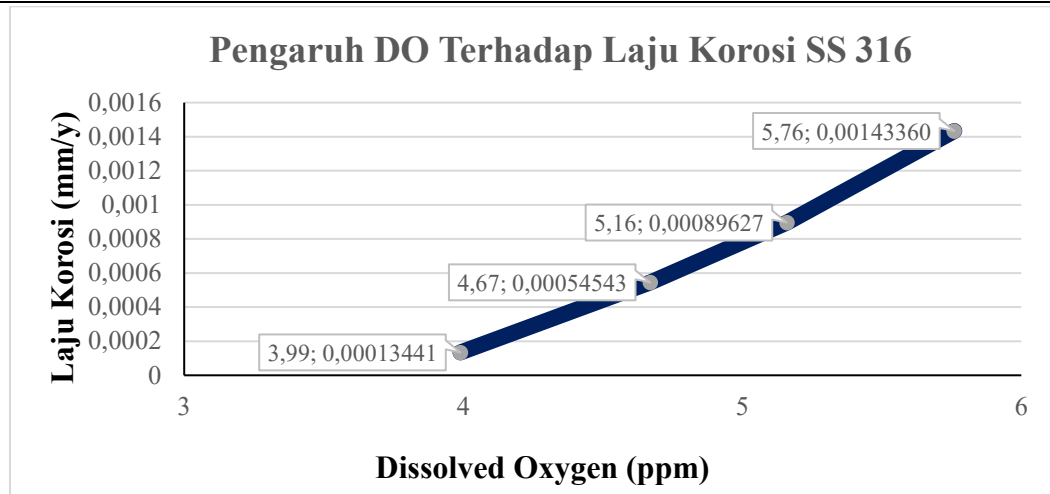
Hasil pengujian laju korosi pada material *stainless steel* 316 dalam larutan elektrolit NaCl 0,9% dengan empat variasi waktu pemberian gelembung oksigen (0–9 menit) menunjukkan kecenderungan peningkatan laju korosi seiring bertambahnya durasi aerasi.

Dengan meningkatnya kadar DO, laju reaksi reduksi di katoda meningkat, yang secara langsung meningkatkan kebutuhan akan elektron dan mempercepat oksidasi logam, sehingga mempercepat pembentukan produk korosi. Hal ini konsisten dengan temuan Rahmadi dkk [7], yang menyatakan bahwa kenaikan konsentrasi DO akan berbanding lurus dengan peningkatan laju korosi. Hasil penelitian ini juga selaras dengan hasil penelitian yang telah dilakukan [10] [11] [12], dimana semakin tinggi tingkat konsentrasi DO maka semakin tinggi pula korosi yang terjadi pada spesimen di berbagai kondisi pengujian. Grafik hasil pengujian laju korosi dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. (a) Grafik Laju Korosi Variasi DO 0 Menit, (b) Grafik Laju Korosi Variasi DO 3 Menit, (c) Grafik Laju Korosi Variasi DO 6 Menit dan (d) Grafik Laju Korosi Variasi DO 9 Menit

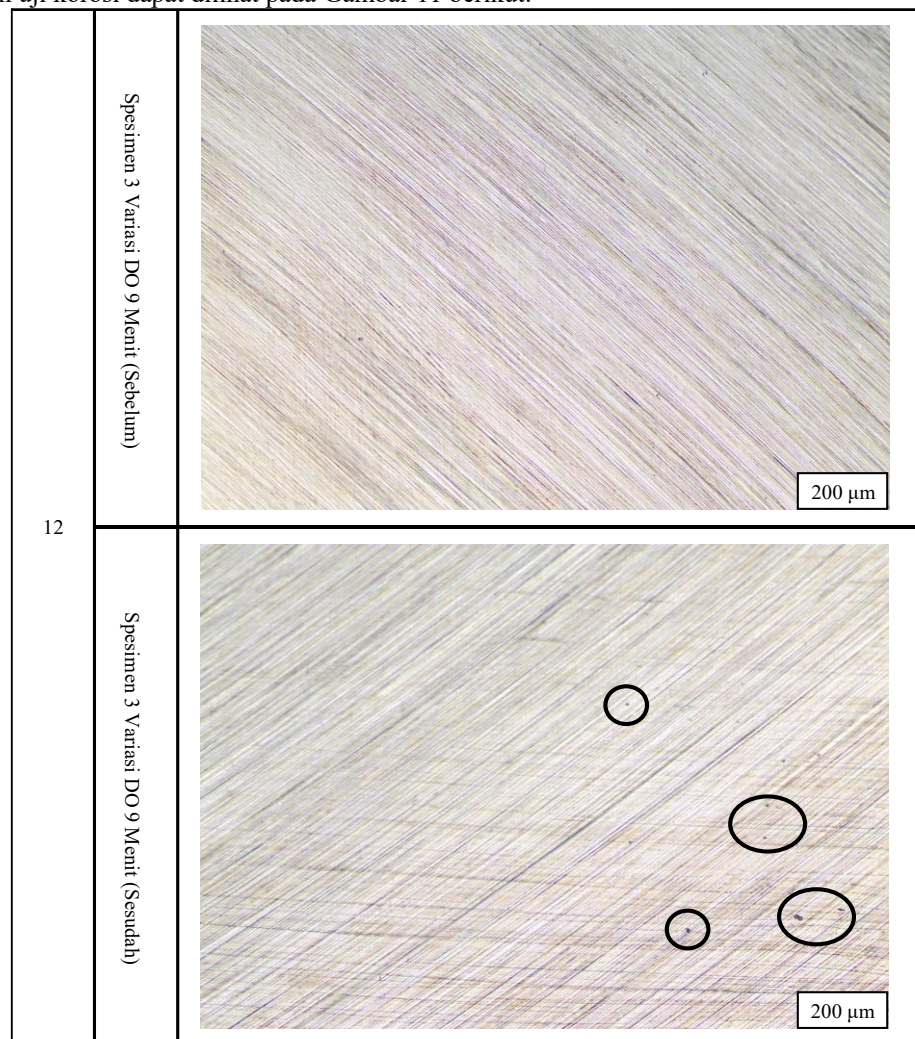
Nilai laju korosi terlambat diperoleh pada variasi DO dengan pemberian gelembung selama 0 dengan nilai rata-rata adalah 0,00013441 mmpy, sedangkan nilai laju korosi tercepat diperoleh pada variasi DO dengan pemberian gelembung selama 9 menit dengan nilai rata-rata adalah 0,00143360 mmpy. Pengaruh *Dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel* 316 ditunjukkan pada Gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10. Kurva Pengaruh *Dissolved Oxygen* vs Laju Korosi

3.3 Analisis Pengujian Makrostruktur

Sebelum dan setelah dilakukan pengujian korosi dilakukan foto makrostruktur menggunakan mikroskop optik. Hasil dari foto makrostruktur sebelum dilakukan uji korosi ini digunakan sebagai pembandingan dengan hasil foto makrostruktur setelah dilakukan pengujian korosi. Untuk lebih jelasnya terkait hasil foto makrostruktur sebelum dan setelah dilakukan uji korosi dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.

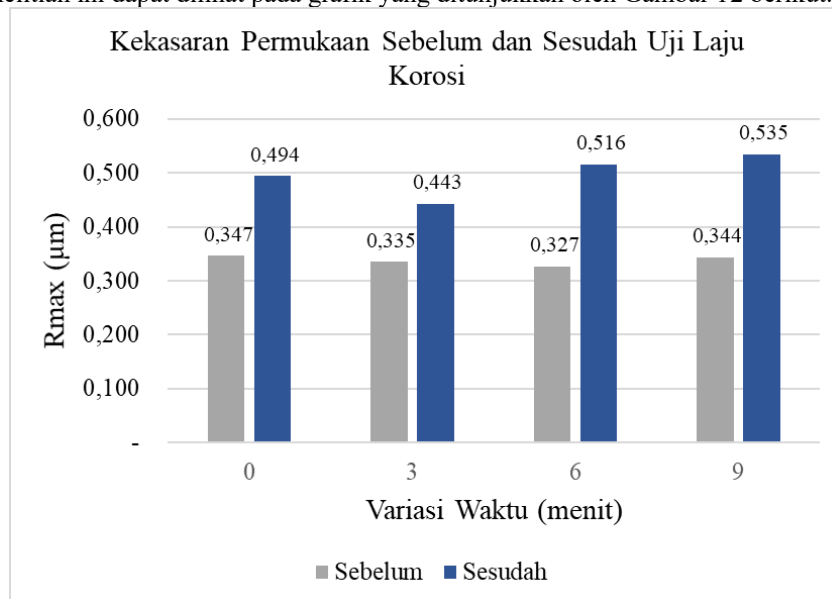


Gambar 11. Contoh Hasil Pengujian Makrostruktur sebelum dan Sesudah Pengujian Laju Korosi

Gambar 11 menunjukkan perbandingan foto spesimen sebelum dan sesudah pengujian laju korosi, dapat terlihat perbedaan foto sebelum dan sesudah pengujian laju korosi. Korosi yang terdapat pada spesimen ditandai dengan lingkaran hitam. Setelah spesimen dilakukan pengujian laju korosi, spesimen mengalami korosi lokal berupa *pitting* dan celah. Menurut Roberge [13] dan Davis [14] *stainless steel* 316 merupakan paduan logam yang tahan korosi, sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, korosi yang terjadi pada *stainless steel* 316 sangat sedikit. Hal ini disebabkan karena kandungan kromium yang tinggi pada *stainless steel* 316 yaitu sebanyak 16% - 18% [2] [15]. Selain itu penambahan unsur molibdenum pada *stainless steel* 316 meningkatkan ketahanan material terhadap korosi *pitting* melalui peningkatan stabilitas lapisan pasif kromium oksida [16].

3.4 Analisis Pengujian Kekasaran Permukaan

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 R_{max} , R_{max} merupakan titik tertinggi dari grafik hasil pengujian *surface roughness*. Hasil dari pengujian kekasaran permukaan pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Kekasaran Permukaan Sebelum dan Sesudah Uji Laju Korosi

Gambar 12 menggambarkan kekasaran permukaan spesimen sebelum dan sesudah dilakukannya laju uji korosi. Secara umum nilai kekasaran permukaan naik setelah dilakukan uji korosi, hal ini menunjukkan bahwa korosi dapat mempengaruhi kualitas permukaan suatu benda. Kemudian variasi pemberian gelembung yang semakin meningkat cenderung meningkatkan perbedaan kekasaran permukaan spesimen sebelum dan sesudah dilakukan uji laju korosi. Peningkatan kekasaran spesimen sebelum dan sesudah dilakukan uji laju korosi yang terendah terjadi pada variasi pemberian gelembung selama 3 menit dengan nilai 0,108 µm dan yang tertinggi terjadi pada variasi pemberian gelembung selama 9 menit dengan nilai 0,191 µm.

4. Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian:

1. Hasil pengujian laju korosi pada *stainless steel* 316 pada larutan elektrolit NaCl 0,9% dengan 4 (empat) variasi waktu pemberian gelembung oksigen selama 0 - 9 menit menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai DO maka laju korosi semakin meningkat, dengan laju korosi terbesar diperoleh pada pemberian gelembung oksigen selama 9 menit dengan konsentrasi DO sebesar 5,76 ppm dan nilai laju korosi 0,00143360 mmpy.
2. *Stainless steel* 316 merupakan baja yang tahan korosi, sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada pengujian makrostruktur, korosi yang terjadi pada *stainless steel* 316 sangat sedikit.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sinaga, A.J. & Manurung, C., 2020. Analisa laju korosi dan kekerasan pada *stainless steel* 316L dalam larutan 10% NaCl dengan variasi waktu perendaman. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, **1(2)**, hal.92–99. <https://doi.org/10.36655/sprocket.v1i2.186>
- [2] Borgioli, F., 2023. The corrosion behavior in different environments of austenitic *stainless steels* subjected to thermochemical surface treatments at low temperatures: An overview. *Metals*, **13(4)**. <https://doi.org/10.3390/met13040776>
- [3] Boniardi, M., Casaroli, A. & Dipartimento di Meccanica, P. di M., 2014. *Stainless steels Gruhalo Lucefin Research & Development*. Lucefin, hal.10–20
- [4] Bharath, P., Sridhar, V.G. & Senthil Kumar, M., 2014. Optimization of 316 *stainless steel* weld joint characteristics using Taguchi technique. *Procedia Engineering*, **97**, hal.881–891. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.363>
- [5] Bharath, P., Sridhar, V.G. & Senthil Kumar, M., 2014. Optimization of 316 *stainless steel* weld joint characteristics using Taguchi technique. *Procedia Engineering*, **97**, hal.881–891. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.363>
- [6] Feng, Z. et al., 2010. Effects of *dissolved oxygen* on electrochemical and semiconductor properties of 316L *stainless steel*. *Journal of Nuclear Materials*, **407(3)**, hal.171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2010.10.010>
- [7] Liu, H., Zhang, Y. & Wang, J., 2019. Effect of *dissolved oxygen* on the corrosion behavior of carbon steel in chloride solutions. *Corrosion Science*, **149**, hal.108–117
- [8] Rahmadi, R., Suprihanto, A. & Haryadi, G.D., 2021. Pengaruh *dissolved oxygen* (DO) terhadap laju korosi *stainless steel* 304 pada larutan NaCl 0,1 M. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, **9(2)**, hal.191–198
- [9] Effendi, D. & Pramurti, A.R., 2019. Pengaruh gas terlarut dalam air injeksi terhadap laju korosi pada fasilitas permukaan di industri perminyakan. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, **53(2)**, hal.87–95
- [10] Zhang, L. & Wang, J., 2014. Effect of dissolved oxygen content on stress corrosion cracking of a cold worked 316L *stainless steel* in simulated pressurized water reactor primary water environment. *Journal of Nuclear Materials*, **446(1–3)**, hal.15–26. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2013.11.027>
- [11] Eyu, G.D. et al., 2016. Effect of dissolved oxygen and immersion time on the corrosion behaviour of mild steel in bicarbonate/chloride solution. *Materials*, **9(9)**. <https://doi.org/10.3390/ma9090748>
- [12] Rybalka, K.V., Beketaeva, L.A. & Davydov, A.D., 2018. Effect of dissolved oxygen on the corrosion rate of *stainless steel* in a sodium chloride solution. *Russian Journal of Electrochemistry*, **54(12)**, hal.1284–1287. <https://doi.org/10.1134/S1023193518130384>
- [13] Roberge, P.R., 2000. *Handbook of corrosion engineering*. New York: McGraw-Hill
- [14] Davis, J.R. (ed.), 1998. *Metals handbook: Desk edition*. 2nd ed. Materials Park, OH: ASM International
- [15] Gu, Y. et al., 2022. Corrosion resistance of 316 *stainless steel* in a simulated pressurized water reactor improved by laser cladding with chromium. *Surface and Coatings Technology*, **441**, p.128534. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128534>
- [16] Maurice, V. & Marcus, P., 2024. Molibdenum effects on the stability of passive films unraveled at the nanometer and atomic scales. *npj Materials Degradation*, **8(1)**, hal.1–10. <https://doi.org/10.1038/s41529-023-00418-6>