

PERBANDINGAN LAJU KOROSI DENGAN MENGGUNAKAN SPRAY CHAMBER TEST DAN CORROSION COUPON RACK PADA BAJA KARBON RENDAH

Agus Suprpto¹, Dewi Izzatus Tsamroh^{2*)}, Obaja Eden Riyanto Sentosa³

¹Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang, Indonesia

^{2*),3} Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia

^{*)}Corresponding author: dewi.tsamroh.fv@um.ac.id

ABSTRACT

This study aims to compare the corrosion rate of low carbon steel using two test methods, namely the spray chamber test and the corrosion coupon rack. Low carbon steel is chosen because of its wide use in various industries, such as construction and equipment, but it is susceptible to corrosion in certain environments. The spray chamber test simulates a corrosive environment by spraying a controlled salt solution, while the corrosion coupon rack uses direct exposure to a corrosive solution under static conditions. The corrosion rate is analyzed based on the change in specimen mass and evaluated using the corrosion rate calculation. The results showed that the corrosion rate produced by the spray chamber test tends to be higher than the corrosion coupon rack. This is due to the spraying mechanism that increases the contact of the specimen surface with the corrosive solution, accelerating the oxidation reaction. Meanwhile, the corrosion coupon rack shows a slower corrosion rate because the static solution conditions reduce the dynamics of the reaction.

Keywords: Corrosion rate, Spray chamber test, Corrosion coupon rack, Low carbon steel, Corrosion test.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan laju korosi baja karbon rendah menggunakan dua metode pengujian, yaitu spray chamber test dan corrosion coupon rack. Baja karbon rendah dipilih karena penggunaannya yang luas di berbagai industri, seperti konstruksi dan peralatan, namun memiliki kerentanan terhadap korosi di lingkungan tertentu. Penelitian ini menggunakan metode *spray chamber test* dengan mensimulasikan lingkungan korosif dengan penyemprotan larutan garam secara terkontrol, sedangkan *corrosion coupon rack* menggunakan eksposur langsung terhadap larutan korosif dalam kondisi statis. Laju korosi dianalisis berdasarkan perubahan massa spesimen dan dievaluasi menggunakan perhitungan *corrosion rate*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi yang dihasilkan oleh spray chamber test cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan *corrosion coupon rack*. Hal ini disebabkan oleh mekanisme penyemprotan yang meningkatkan kontak permukaan spesimen dengan larutan korosif, mempercepat reaksi oksidasi. Sementara itu, *corrosion coupon rack* menunjukkan laju korosi yang lebih lambat karena kondisi larutan statis yang mengurangi dinamika reaksi.

Kata Kunci: Laju korosi, Spray chamber test, Corrosion coupon rack, Baja karbon rendah, Uji korosi.

PENDAHULUAN

Baja karbon rendah merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti konstruksi, otomotif, dan peralatan rumah tangga. Dalam industri otomotif, baja karbon rendah sering digunakan untuk berbagai komponen seperti sasis, panel bodi, tangki bahan bakar, dan komponen suspensi. Material ini populer karena sifat mekaniknya yang baik, kemudahan dalam proses fabrikasi, dan biaya yang relatif rendah [1]. Namun, salah satu kelemahan utama baja karbon rendah adalah kerentanannya terhadap korosi, terutama ketika digunakan di lingkungan yang agresif seperti daerah pantai atau lingkungan dengan paparan bahan kimia [2]. Korosi dapat menyebabkan penurunan performa material, peningkatan biaya pemeliharaan, dan bahkan kegagalan struktur, sehingga pengendalian korosi menjadi isu penting dalam penggunaan baja karbon rendah [3].

Untuk memahami mekanisme dan tingkat keparahan korosi, pengujian korosi sering dilakukan menggunakan berbagai metode. Dua metode yang umum digunakan adalah *spray chamber test* dan *corrosion coupon rack*. *Spray chamber test* mensimulasikan lingkungan korosif dinamis dengan menyemprotkan larutan garam ke permukaan spesimen, sehingga mempercepat proses korosi [4]. *Corrosion coupon rack* melibatkan eksposur spesimen ke larutan korosif dalam kondisi statis untuk memantau laju korosi dalam jangka waktu tertentu. Kedua metode ini memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing dalam merepresentasikan kondisi lingkungan nyata [5].

Metode *spray chamber test* memungkinkan simulasi kondisi korosi yang lebih dinamis dan realistis, yang sering kali terjadi di lingkungan industri. Penelitian menunjukkan bahwa laju korosi yang diukur dengan metode ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kelembapan, konsentrasi ion, dan pH larutan [5]. *Spray chamber test* memberikan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi korosi yang sebenarnya, terutama dalam aplikasi yang melibatkan paparan terhadap lingkungan yang agresif, seperti air laut atau larutan garam. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan pada baja karbon menunjukkan bahwa laju korosi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ion klorida dalam larutan [6].

Sementara itu, *corrosion coupon rack* adalah metode yang lebih tradisional dan sering digunakan untuk pengukuran jangka panjang. Sampel baja karbon ditempatkan dalam lingkungan korosif selama periode tertentu, dan laju korosi dihitung berdasarkan kehilangan massa. Meskipun metode ini lebih sederhana, hasilnya mungkin kurang sensitif terhadap perubahan lingkungan yang cepat dibandingkan dengan *spray chamber test*. Penelitian menunjukkan bahwa laju korosi yang diukur dengan *corrosion coupon rack* dapat memberikan data yang valid, tetapi mungkin tidak mencerminkan fluktuasi yang terjadi dalam kondisi nyata [7].

Perbedaan dalam mekanisme kerja kedua metode ini dapat menghasilkan laju korosi yang berbeda pada spesimen baja karbon rendah. Pemahaman yang mendalam mengenai perbedaan hasil dari kedua metode sangat penting untuk memilih pendekatan yang paling relevan dengan kondisi operasional yang akan dihadapi material. Selain itu, penelitian mengenai perbandingan metode ini dapat membantu dalam mengembangkan strategi mitigasi korosi yang lebih efektif berdasarkan hasil pengujian [8].

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan laju korosi baja karbon rendah yang diuji menggunakan *spray chamber test* dan *corrosion coupon rack*. Analisis dilakukan dengan mengukur perubahan massa spesimen untuk menentukan laju korosi serta mengevaluasi pengaruh masing-masing metode terhadap hasil yang diperoleh. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan yang lebih baik dalam memilih metode pengujian korosi yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi spesifik baja karbon rendah.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen berskala laboratorium. Pengujian menggunakan material yang sama yaitu baja karbon rendah dengan variasi metode pengujian korosi. Detail metode penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Persiapan Material Uji

Material yang digunakan adalah baja karbon rendah (ST 37). Spesimen dipotong dalam ukuran standar untuk kedua metode pengujian. Permukaan spesimen dipoles hingga halus dan dibersihkan menggunakan alkohol untuk menghilangkan kontaminasi. Setiap spesimen ditimbang dengan timbangan presisi untuk mencatat massa awal sebelum pengujian.

2. Metode Pengujian

A. Spray Chamber Test

1. Pengaturan Alat:

- Gunakan alat *salt spray chamber* (menyesuaikan standar ASTM B117).
- Media korosif berupa larutan NaCl 5% (simulasi air laut).
- Kondisi pengujian: suhu (35°C), tekanan semprotan, dan durasi (72 jam).

2. Proses Pengujian:

- Spesimen ditempatkan di dalam ruang uji, terpapar semprotan larutan NaCl secara kontinyu.
- Setelah pengujian, spesimen dibersihkan dari produk korosi menggunakan larutan standar (seperti asam sulfat dengan inhibitor).

B. Corrosion Coupon Rack

1. Pengaturan Alat:

- Spesimen dipasang pada *corrosion coupon rack* yang ditempatkan dalam bejana berisi larutan korosif statis (NaCl 5%).
- Kondisi pengujian dijaga serupa (suhu 35°C, durasi 72 jam).

2. Proses Pengujian:

- Setelah durasi pengujian, spesimen diangkat, dibersihkan dari produk korosi, dan dikeringkan.

3. Pengukuran dan Analisis Data

1. Laju Korosi:

- Laju korosi dihitung berdasarkan kehilangan massa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju Korosi (mmpy)} = \frac{K \cdot (\Delta W)}{\rho \cdot A \cdot t}$$

Dimana:

K = Konstanta (8.76×10^4) untuk hasil dalam mm/year (mmpy)

ΔW = Selisih massa awal dan akhir (gram)

ρ = Massa jenis material (g/cm^3)

A = Luas permukaan spesimen (cm^2)

t = Durasi pengujian (jam).

2. Analisis Morfologi Permukaan:

Menggunakan mikroskop elektron (SEM) untuk mempelajari pola korosi seperti pitting atau korosi umum.

3. Perbandingan Data:

Hasil laju korosi dari kedua metode dirangkum dalam tabel atau grafik untuk analisis perbandingan.

4. Interpretasi Hasil

Interpretasi hasil dengan menjelaskan hubungan antara kondisi pengujian dan hasil laju korosi. Identifikasi kelebihan dan kelemahan masing-masing metode berdasarkan hasil eksperimen.

5. Validasi dan Studi Lanjutan

Uji ulang dengan variasi waktu pengujian, konsentrasi larutan, atau jenis baja karbon untuk memverifikasi hasil. Membandingkan hasil dengan literatur yang relevan untuk memastikan validitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan laju korosi menggunakan metode *spray chamber test* dan *corrosion coupon rack* pada baja karbon rendah merupakan topik yang penting dalam studi material dan teknik korosi. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam mengukur laju korosi, yang dapat mempengaruhi hasil dan interpretasi data.

1. Laju Korosi Baja ST 37

Metode *spray chamber test* sering digunakan untuk mensimulasikan kondisi korosi yang lebih dinamis, seperti yang terjadi di lingkungan industri atau atmosfer yang terkontaminasi. Penelitian menunjukkan bahwa teknik ini dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai laju korosi dalam kondisi yang bervariasi, termasuk pengaruh kelembapan dan kontaminan atmosfer. Dalam konteks ini, penggunaan sensor *elektrochemical noise* dan teknik pengukuran lainnya dapat membantu dalam memahami mekanisme korosi yang terjadi [9]. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa pengukuran laju korosi dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH dan konsentrasi ion dalam larutan, yang dapat dimodelkan dengan baik menggunakan metode ini. Mekanisme korosi terjadi karena Ion klorida dalam larutan NaCl menembus lapisan pasifitas baja ST 37, memicu korosi lokal seperti *pitting*. Siklus basah dan kering meningkatkan laju reaksi karena setiap siklus memperbarui konsentrasi oksigen dan ion klorida di permukaan material [2].

Tabel 1. Laju Korosi Baja Karbon Rendah

Spesimen	<i>Spray Chamber Test</i> (mmpy)	<i>Corrosion Coupon Rack</i> (mmpy)
X	0,834	0,298
Y	0,610	0,178

Sumber: Data primer, diolah oleh penulis (2024)

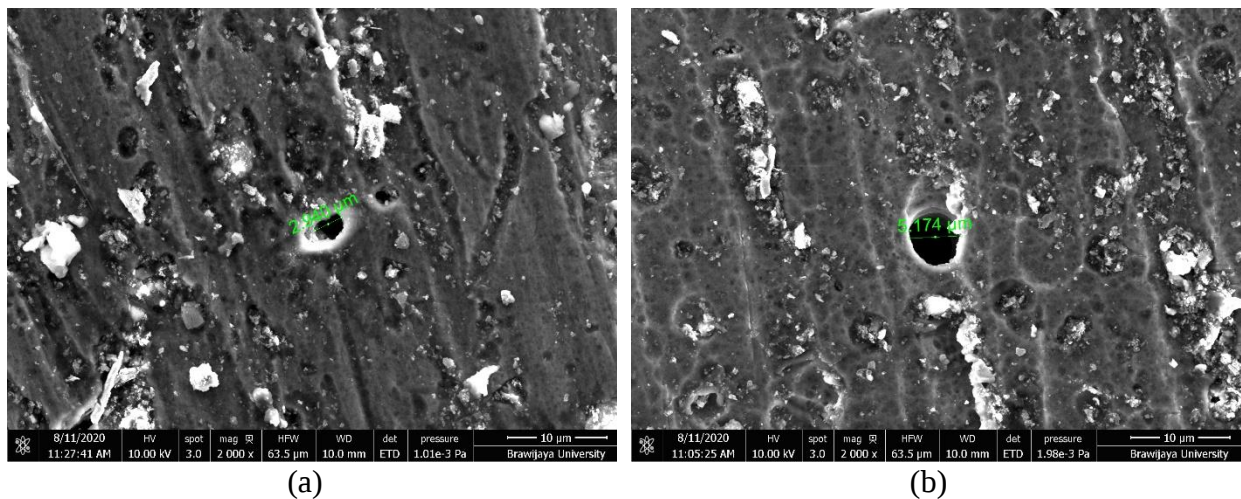
Corrosion coupon rack adalah metode yang lebih tradisional dan sering digunakan untuk pengukuran laju korosi dalam kondisi yang lebih statis. Metode ini melibatkan penempatan sampel material dalam lingkungan yang diinginkan dan kemudian mengukur kehilangan massa setelah periode tertentu. Penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat memberikan data yang valid mengenai laju korosi, tetapi mungkin kurang sensitif terhadap perubahan lingkungan yang cepat dibandingkan dengan metode *spray chamber*. Selain itu, penggunaan teknik *linear polarization resistance* (LPR) dalam *corrosion coupon rack* juga telah terbukti efektif dalam memberikan estimasi laju korosi yang lebih akurat [10]. Korosi yang terjadi adalah *uniform corrosion*, di mana ion-ion korosif mendistribusikan diri secara merata di permukaan material. Pembentukan lapisan

oksida yang lebih tebal cenderung memperlambat laju korosi seiring waktu karena memberikan perlindungan pasifitas. Lingkungan statis memberikan waktu bagi produk korosi (seperti Fe_2O_3) untuk membentuk lapisan pelindung di permukaan baja, sehingga menurunkan laju korosi pada durasi pengujian yang lebih panjang [11].

Tabel 1 menunjukkan laju korosi pada *Spray Chamber Test* meningkat secara linier selama durasi pengujian, sedangkan pada *Corrosion Coupon Rack*, laju cenderung menurun karena lapisan oksida pelindung yang terbentuk seiring waktu [12]. Hasil *Spray Chamber Test* relevan untuk lingkungan agresif seperti wilayah pantai atau lingkungan industri dengan paparan semprotan garam. Hasil *Corrosion Coupon Rack* lebih representatif untuk lingkungan tenang seperti tangki penyimpanan atau struktur baja yang terpapar air stasioner. Pada lingkungan seperti yang disimulasikan dalam *Spray Chamber*, diperlukan pelindung tambahan seperti pelapisan (*coating*) atau inhibitor korosi. Pada lingkungan statis, inspeksi berkala cukup efektif untuk memantau dan memitigasi korosi [13].

2. Morfologi Korosi Baja ST 37

Berikut disajikan morfologi korosi baja ST 37 dengan 2 jenis metode pengujian.



Gambar 1. Morfologi Lapisan Korosi (a) *Spray Chamber Test*, (b) *Corrosion Coupon Rack*

Gambar 1 menunjukkan perbandingan antara kedua metode ini menunjukkan bahwa *spray chamber test* lebih cocok untuk aplikasi di mana kondisi lingkungan berubah-ubah dan memerlukan respons cepat terhadap perubahan tersebut. Sebaliknya, *corrosion coupon rack* lebih sesuai untuk studi jangka panjang di mana pengukuran laju korosi yang stabil dan konsisten diperlukan. Oleh karena itu, pemilihan metode yang tepat sangat bergantung pada tujuan penelitian dan kondisi lingkungan yang ingin disimulasikan [14]. Baik *spray chamber test* maupun *corrosion coupon rack* memiliki peran penting dalam studi korosi baja karbon rendah. Pemahaman yang mendalam tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing metode akan membantu peneliti dalam merancang eksperimen yang lebih efektif dan mendapatkan data yang lebih akurat mengenai laju korosi [15].

Tabel 2. Perbandingan Morfologi Korosi

Aspek	Spray Chamber Test	Corrosion Coupon Rack
Tipe Korosi	Pitting corrosion	Uniform corrosion
Distribusi Korosi	Tidak merata	Relatif merata
Produk Korosi	FeCl_2 , Fe_2O_3	Fe_2O_3 , Fe_3O_4

Lapisan Oksida	Tipis atau tidak seragam	Lebih tebal dan seragam
Faktor Lingkungan	Agresif (semprotan bertekanan)	Pasif (larutan statis)

Tabel 2 menunjukkan orosi pada *spray chamber test* yang terjadi cenderung berupa korosi pitting (*pitting corrosion*). Hal ini disebabkan oleh paparan semprotan larutan NaCl yang kontinu, menciptakan kondisi lingkungan agresif dengan akumulasi ion klorida pada titik-titik spesifik di permukaan baja. Pola korosi biasanya tidak merata, dengan lubang-lubang kecil (pits) yang terkonsentrasi di area tertentu akibat kerusakan pasifitas lokal. Hasil pengamatan SEM menunjukkan adanya lubang dengan kedalaman yang bervariasi, menandakan penetrasi lokal ion klorida ke dalam matriks logam. Tingginya laju korosi dipengaruhi oleh siklus basah-kering yang terjadi secara terus-menerus, yang mempercepat reaksi elektrokimia. Suhu yang relatif tinggi di dalam *spray chamber* juga meningkatkan laju reaksi korosi [16].

Korosi pada *corrosion coupon rack* cenderung berupa korosi umum (uniform corrosion), di mana seluruh permukaan material mengalami kehilangan massa yang relatif seragam. Paparan statis larutan korosif menghasilkan oksida besi (*iron oxide layer*) yang menyebar di permukaan baja. Pengamatan SEM menunjukkan permukaan kasar dengan lapisan oksida yang menutupi sebagian besar area. Karena larutan korosif tidak bergerak, ion-ion klorida cenderung menyebar merata di permukaan spesimen, menghasilkan pola korosi yang lebih seragam. Tidak adanya semprotan atau aliran meningkatkan ketebalan lapisan korosi, yang dapat memperlambat laju korosi seiring waktu (*passivation effect*) [17].

Material ST 37 cenderung lebih rentan terhadap pitting ketika digunakan di lingkungan dengan semprotan larutan garam, seperti di lingkungan pantai atau fasilitas laut. Korosi umum pada *Corrosion Coupon Rack* menunjukkan bahwa baja ST 37 dapat memiliki umur pakai lebih lama di lingkungan yang tidak dinamis, meskipun tetap mengalami degradasi seragam. Penggunaan pelapis pelindung atau inhibitor korosi sangat disarankan untuk meminimalkan dampak korosi, terutama pada kondisi seperti yang disimulasikan dalam *spray chamber* [2], [18].

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Spray Chamber Test* menghasilkan laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan *Corrosion Coupon Rack* karena lingkungan pengujian yang lebih agresif. *Spray Chamber* cocok untuk simulasi cepat di laboratorium, sementara *Coupon Rack* lebih sesuai untuk studi lapangan jangka panjang. Produk korosi pada *Spray Chamber* lebih seragam dengan dominasi korosi pitting, sedangkan *Coupon Rack* cenderung menunjukkan korosi umum. Pemilihan metode pengujian sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan, dan kombinasi keduanya dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Suprpto and A. Mokhtar, "Analisis Kemampuan Bahan St 37 Dan Scm 440 Untuk Dikeraskan Pada Produk Gear," *Semin. Keinsinyuran Progr. Stud. Progr. Profesi Ins.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2021, doi: 10.22219/skpsppi.v1i0.4192.
- [2] G. D. Rahyudha, "Pengaruh pH, Laju Aliran Fluida dan Perbandingan Volume Inhibitor pada Flow Loop System terhadap Karakteristik Korosi Baja Karbon Rendah ST-41 di Lingkungan CH₃COOH," vol. I, pp. 1–132, 2017.
- [3] D. I. Tsamroh, A. Suprpto, and P. Eka Setyawan, "Optimasi Parameter Anodizing pada Aluminium 6061 dengan Metode Taguchi," in *Seminar Nasional Teknologi Fakultas Teknik Unmer Malang*, 2020, pp. 113–116.
- [4] STANDARD: ISO 9227, "Salt Spray method Statement Equipment: All Ascott Corrosion Chambers," vol. 2017, pp. 2017–2020, 2017, [Online]. Available: www.ascott-analytical.com.

- [5] A. Suprpto, J. Viansyah, D. Irwandi, I. Tsamroh, and U. Merdeka, "Effect of seawater flow velocity in South Malang on the corrosion rate of low carbon steel with a corrosion coupon rack," *J. Polimesin*, vol. 22, no. 2, pp. 2–5, 2024.
- [6] R. B. Djahilepang, A. Suprpto, and D. I. Tsamroh, "Investigasi Pengaruh Variasi Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja ST 37," *Ring Mech. Eng. (RING ME)*, vol. 4, no. 1, pp. 49–55, 2024.
- [7] T. A. Jago, D. I. Tsamroh, J. Jumiadi, and P. E. Setyawan, "Analisis Pengaruh Komposisi Garam Terhadap Laju Korosi pada Baja HSS," *Ring Mech. Eng. (RING ME)*, vol. 4, no. 1, pp. 42–48, 2024.
- [8] D. A. Utama, "Pengaruh Quenching Terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon Tinggi," Univeristas Sriwijaya, 2022.
- [9] J.-Y. Soh, M.-W. Lee, S.-K. Kim, and D. H. Kim, "Corrosion Monitoring for Offshore Wind Farm's Substructures by using Electrochemical Noise Sensors," *KEPCO J. Electr. Power Energy*, vol. 2, no. 4, pp. 615–618, 2016, doi: 10.18770/kepc.2016.02.04.615.
- [10] C. V. Panagiotakopoulou, P. Papandreopoulos, and G. Batis, "Corrosion Protection of CNTs/CNFs Modified Cement Mortars," *J. Mater. Sci. Chem. Eng.*, vol. 10, no. 08, pp. 1–17, 2022, doi: 10.4236/msce.2022.108001.
- [11] Y. Zhang and Z. Guo, "Electrochemical properties and microstructure of Pb-Co anodes during electrolysis in H₂SO₄ solution," *J. Alloys Compd.*, vol. 780, pp. 131–136, 2019, doi: 10.1016/j.jallcom.2018.11.373.
- [12] Y. Sun, "The use of aluminum alloys in structures: Review and outlook," *Structures*, vol. 57, no. May, p. 105290, 2023, doi: 10.1016/j.istruc.2023.105290.
- [13] B. Anggara and D. H. Sutjahjo, "Analisa Laju Korosi Baja Karbon Rendah dengan Variasi Kecepatan Aliran dan Salinitas Air Laut pada Pemodelan Sirip Kemudi Kapal," *JPTM*, vol. 09, no. 01, pp. 62–67, 2019.
- [14] M. Halama, E. Haluschak, P. Hanzes, and G. Baranova, "The effect of defect size and soil aggressivity on corrosion of underground oil & gas pipelines," *E3S Web Conf.*, vol. 121, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201912101006.
- [15] N. Smart, A. Rance, B. Reddy, S. Lydmark, K. Pedersen, and C. Lilja, "Further studies of in situ corrosion testing of miniature copper-cast iron nuclear waste canisters," *Corros. Eng. Sci. Technol.*, vol. 46, no. 2, pp. 142–147, 2011, doi: 10.1179/1743278210Y.0000000020.
- [16] M. Fonte, L. Reis, V. Infante, and M. Freitas, "Failure analysis of cylinder head studs of a four stroke marine diesel engine," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 101, no. March, pp. 298–308, 2019, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.03.026.
- [17] P. Zhang and Y. Zuo, "Effects of pore parameters on performance of anodic film on 2024 aluminum alloy," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 231, no. October 2018, pp. 9–20, 2019, doi: 10.1016/j.matchemphys.2019.04.008.
- [18] A. Royani, S. Prifiharni, G. Priyotomo, J. Triwardono, and S. Sundjono, "Performa Korosi Baja Karbon pada Uji Simulasi Pipa untuk Sistem Saluran Air Pendingin," *Metalurgi*, vol. 34, no. 2, pp. 49–60, 2019.