

ANALISA LAJU KOROSI PADA PLAT BAJA KARBON ASTM A36 DAN PLAT BAJA KARBON AISI 1020 MENGGUNAKAN STANDAR ASTM G31

Reiner Remy Pricinceptio Virtuosi

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: reiner.20020@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfai

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Korosi merupakan salah satu penyebab utama degradasi material yang mengancam keandalan serta masa pakai struktur baja di lingkungan industri yang agresif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan karakteristik laju korosi pada dua jenis baja karbon rendah yang banyak digunakan secara luas dalam aplikasi teknik, yaitu plat baja ASTM A36 dan AISI 1020. Pengujian dilakukan dengan menerapkan metode kehilangan berat (*weight loss method*) yang mengacu pada standar internasional ASTM G31 melalui mekanisme perendaman total (*total immersion*).

Media korosif yang digunakan adalah larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan variasi konsentrasi 1M dan 2M, serta variasi durasi waktu perendaman selama 1 hari (24 jam), 2 hari (48 jam), dan 3 hari (72 jam). Pengukuran massa spesimen dilakukan menggunakan timbangan digital analitik dengan tingkat ketelitian mencapai 0,0001 gram. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa peningkatan kepekatan larutan asam sulfat dari 1M menjadi 2M secara signifikan meningkatkan laju korosi pada kedua jenis material. Secara teoritis, kenaikan molaritas ini melipatgandakan kelimpahan ion hidrogen (H^+) bebas di dalam larutan yang bertindak sebagai agen pengoksidasi katodik utama, sehingga mempercepat proses pelarutan besi (Fe). Pada pengujian hari ke-3 (72 jam) di lingkungan H_2SO_4 2M, nilai laju korosi mencapai titik tertinggi. Selain itu, fluktuasi grafik laju korosi di setiap interval durasi perendaman mengonfirmasi bahwa produk korosi yang terbentuk pada permukaan kedua baja karbon rendah ini bersifat porus, tidak stabil, dan mudah larut kembali, sehingga gagal membentuk lapisan pasivasi yang protektif terhadap serangan asam pekat.

Secara komparatif, pelat baja AISI 1020 menunjukkan karakteristik ketahanan korosi yang sedikit lebih buruk dengan nilai laju korosi meningkat dari 8,3098 mm/y pada konsentrasi 1M menjadi 9,9272 mm/y pada konsentrasi 2M. Tren yang serupa juga dialami oleh plat baja ASTM A36, di mana nilai laju korosinya meningkat dari 7,8247 mm/y pada konsentrasi 1M menjadi 9,1079 mm/y pada konsentrasi 2M.

Kata Kunci: Laju Korosi, ASTM G31, Baja ASTM A36, Baja AISI 1020, Asam Sulfat (H_2SO_4), Kehilangan Berat.

Abstract

Corrosion is one of the primary causes of material degradation that threatens the reliability and service life of steel structures in aggressive industrial environments. This study aims to analyze and compare the corrosion rate characteristics of two types of low-carbon steels widely utilized in engineering applications, namely ASTM A36 and AISI 1020 steel plates. The evaluation was conducted using the weight loss method, adhering to the international standard ASTM G31 through a total immersion mechanism.

The corrosive medium employed was a sulfuric acid (H_2SO_4) solution with concentration variations of 1M and 2M, and immersion duration variations of 1 day (24 hours), 2 days (48 hours), and 3 days (72 hours). Specimen mass measurements were carried out using an analytical digital balance with an accuracy level of 0.0001 grams. The experimental results demonstrated that increasing the concentration of the sulfuric acid solution from 1M to 2M significantly accelerated the corrosion rate of both materials. Theoretically, the increase in molarity multiplies the abundance of free hydrogen ions (H^+) in the solution, acting as the primary cathodic oxidizing agent and subsequently accelerating iron (Fe) dissolution. In the 3-day (72-hour) test within the 2M H_2SO_4 environment, the corrosion rate reached its peak. Furthermore, the

fluctuations in the corrosion rate graphs across the immersion intervals confirm that the corrosion products formed on both low-carbon steels are porous, unstable, and easily re-dissolved, thereby failing to form a protective passivation layer against concentrated acid attacks.

Comparatively, the AISI 1020 steel plate exhibited slightly poorer corrosion resistance, with its corrosion rate escalating from 8.3098 mm/y at a 1M concentration to 9.9272 mm/y at a 2M concentration. A similar trend occurred in the ASTM A36 steel plate, where the corrosion rate increased from 7.8247 mm/y 1M to 9.1079 mm/y 2M.

Keywords: *Corrosion Rate, ASTM G31, ASTM A36 Steel, AISI 1020 Steel, Sulfuric Acid (H_2SO_4), Weight Loss.*

PENDAHULUAN

Studi mengenai karakteristik degradasi material logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan, atau yang secara universal diistilahkan sebagai korosi, memegang peranan yang sangat vital dalam pengembangan ilmu material dan keberlanjutan infrastruktur industri. Di antara berbagai jenis material rekayasa, baja karbon rendah menempati posisi dominan sebagai pilihan utama untuk aplikasi struktural dan komponen mekanis berkat keunggulan sifat mekanisnya yang tangguh, kemudahan proses manufaktur, serta efisiensi biaya yang tinggi. Dua jenis varian baja karbon rendah yang paling sering diintegrasikan dalam dunia teknik adalah plat baja ASTM A36 dan AISI 1020.

Meskipun kedua logam ini berada di bawah payung klasifikasi struktural yang serupa, adanya perbedaan minor pada konfigurasi mikrostruktur, metode pemrosesan, serta elemen paduan mikro di dalamnya dapat melahirkan karakteristik korosi yang berbeda secara signifikan saat permukaan material bersinggungan langsung dengan media elektrolit agresif. Ditinjau dari aspek metalurgi, elemen paduan minor dan tingkat homogenitas fasa ferit-perlit sangat menentukan jumlah situs aktif korosi yang terbentuk di bawah pengaruh elektrolit.

Dalam skala laboratorium maupun implementasi riil di sektor industri, fenomena degradasi ini sering kali dipicu atau dipercepat oleh paparan zat asam kuat, salah satunya adalah Asam Sulfat H_2SO_4 . Sejalan dengan kajian yang dipublikasikan oleh Satriadi dkk. (2021), aktivitas korosi yang terjadi pada baja karbon memiliki korelasi linear yang kuat dengan tingkat kepekatan atau konsentrasi dari larutan asam tersebut. Kenaikan nilai molaritas secara teoretis akan melipatgandakan kelimpahan ion hidrogen bebas di dalam sistem larutan, di mana peningkatan konsentrasi H_2SO_4 secara drastis menaikkan konduktivitas elektrolit dan kepadatan arus korosi. Ion-ion aktif ini bertindak sebagai agen pengoksidasi katodik utama yang mengambil elektron dari permukaan logam, sehingga mengakibatkan proses pelepasan ion besi (Fe) anodik berlangsung secara masif dan destruktif. Penetrasi serangan ini cenderung merusak

lapisan pelindung alami logam dengan gradien serangan yang sangat tajam, sebagaimana disimpulkan oleh Rakhmawati dkk. (2019).

Selain aspek konsentrasi zat korosif, faktor durasi pemaparan juga menjadi parameter intertemporal yang krusial. Pradana (2020) dalam penelitian eksperimentalnya menegaskan bahwa nilai laju korosi logam bersifat dinamis dan tidak selalu konstan akibat pengaruh resistansi lapisan oksida. Hal ini diperkuat oleh analisis Hidayat (2019) yang menyatakan bahwa laju korosi cenderung bersifat non-linear, di mana laju tertinggi sering kali terjadi pada fase awal perendaman sebelum akhirnya mengalami fluktuasi pada periode lanjutan akibat akumulasi produk korosi di permukaan plat yang berperan sebagai penghalang kinetik.

Pentingnya validasi metodologi berbasis ASTM G31 ini selaras dengan studi Ramadhan (2020) yang menekankan bahwa akurasi data laju korosi sangat bergantung pada ketatnya prosedur preparasi spesimen, termasuk tingkat kekasaran permukaan dan kebersihan sisa kontaminan. Lebih lanjut, evaluasi performa komparatif antara jenis material seperti ASTM A36 dan AISI 1020 sangat diperlukan untuk memberikan justifikasi teknis yang kuat mengenai karakteristik makroskopis maupun mikroskopisnya.

Sebagaimana ditunjukkan dalam riset Wicaksono (2023), penilaian kuantitatif nilai kehilangan massa tahunan pada masing-masing material sangat krusial agar umur pakai (*life cycle*) dari plat baja dapat diprediksi dengan akurat. Oleh sebab itu, perbandingan langsung antara kedua jenis baja karbon rendah ini di dalam media asam sulfat diharapkan mampu mengisi celah informasi ilmiah (*research gap*) yang ada.

Berangkat dari latar belakang tersebut, penelitian eksperimental ini dirancang untuk menganalisis dan membandingkan secara mendalam pengaruh variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 (1M dan 2M) serta durasi waktu perendaman (24 jam, 48 jam, dan 72 jam) terhadap nilai laju korosi plat baja ASTM A36 dan AISI 1020 menggunakan metode standar ASTM G31. Pengukuran kehilangan massa spesimen dipantau menggunakan

instrumen timbangan digital analitik dengan tingkat ketelitian mencapai 0,0001 gram untuk menjamin validitas data kuantitatif. Output empiris dari pengujian gravimetri ini diproyeksikan dapat menghasilkan kontribusi ilmiah berupa data referensi akademik yang valid dan komprehensif bagi penelitian lanjutan di bidang teknik material, mitigasi kerusakan logam, serta menjadi pedoman kerja yang handal bagi pengembangan sistem rekayasa struktural di lingkungan industri yang bersifat korosif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian korosi menggunakan metode perendaman total (*total immersion*) berdasarkan standar ASTM G31 dilakukan untuk mendapatkan nilai laju korosi kuantitatif dari kedua jenis baja karbon rendah. Nilai laju korosi (*CR*) dihitung berdasarkan signifikansi penurunan massa spesimen sebelum dan sesudah diekspos pada media korosif menggunakan persamaan standar:

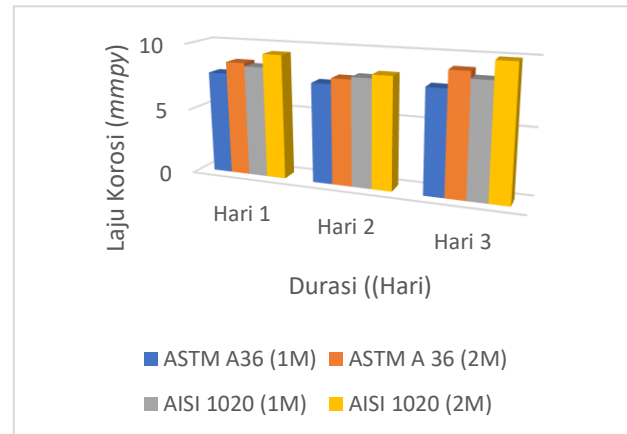
$$CR = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

Di mana *W* adalah kehilangan berat (gram), *A* adalah luas permukaan spesimen (cm²), *T* adalah durasi waktu pengujian (jam), *D* adalah densitas material (cm³), dan *K* merupakan konstanta geometris laju korosi (8,76x10⁴). Berikut adalah hasil penelitian yang telah dilakukan:

Tabel 1. Data Perhitungan Kehilangan Berat Pada Baja ASTM A36 dan AISI 1020

Spesimen	Konsentrasi Larutan (M)	Durasi Perendaman (Hari)	Massa Awal (W ₁)	Massa Akhir (W ₂)	Penurunan Massa (Δ)
ASTM A36	1M	1 Hari	78.5024	77.9372	0.5652
	2M	1 Hari	77.8918	77.2612	0.6306
	1M	2 Hari	78.5105	77.4103	1.1002
	2M	2 Hari	77.1872	76.0231	1.1641
	1M	3 Hari	76.9245	75.1153	1.8092
	2M	3 Hari	77.3019	75.3821	1.9198
AISI 1020	1M	1 Hari	76.9712	76.3592	0.6120
	2M	1 Hari	78.1342	77.4492	0.6850
	1M	2 Hari	77.5088	76.3202	1.1886
	2M	2 Hari	78.7251	77.4969	1.2282
	1M	3 Hari	79.0012	77.1216	1.8796
	2M	3 Hari	77.9757	75.8035	2.1722

Berdasarkan tabel berikut, dapat dilihat bahwa nilai kehilangan berat pada masing masing kedua jenis baja karbon rendah dengan waktu perendaman yang telah ditentukan dan konsentrasi larutan H₂SO₄ yang digunakan. Untuk memperjelas pernyataan tersebut, penulis menambahkan grafik olah data rata-rata sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Nilai Laju Korosi Pada Setiap Plat Baja Karbon ASTM A36 dan AISI 1020

Gambar grafik di atas semakin memperjelas bahwa durasi perendaman yang semakin lama dan konsentrasi larutan korosif yang semakin besar sangat mempengaruhi nilai laju korosi pada setiap bahan.

Analisis terhadap data kuantitatif pada Tabel 1 mengonfirmasi adanya korelasi linear yang kuat antara tingkat molaritas larutan H₂SO₄ dengan akselerasi laju kerusakan permukaan pada kedua jenis baja karbon rendah. Peningkatan konsentrasi asam sulfat secara signifikan dari 1M menuju 2M bertindak sebagai stimulator elektrokimia yang agresif. Secara teoretis, larutan H₂SO₄ merupakan asam kuat yang mengalami ionisasi sempurna di dalam pelarut air, sehingga penggandaan nilai molaritas secara otomatis melipatgandakan densitas serta aktivitas ion hidrogen bebas di dalam sistem larutan. Pada batas antarmuka (*interface*) antara fasa padat logam dan fasa cair elektrolit, kelimpahan ion bertindak sebagai depresor katodik utama yang mengonsumsi elektron secara masif melalui reaksi reduksi hidrogen.

Percepatan penyerapan elektron pada area katodik ini secara simultan memaksa reaksi disolusi anodik atau pelarutan besi menjadi ion pada matriks logam berlangsung jauh lebih destruktif. Fenomena ini selaras dengan teori kinetika korosi elektrokimia dari Fontana (1986), yang menegaskan bahwa peningkatan kepekatan zat asam akan meningkatkan konduktivitas elektrik larutan secara substansial, menurunkan resistansi polarisasi permukaan, dan mempercepat transfer muatan yang memicu degradasi massa logam.

Pengaruh intertemporal berupa durasi waktu perendaman (24, 48, dan 72 jam) memunculkan karakteristik kinetika korosi yang fluktuatif dan non-linear pada permukaan spesimen. Meskipun akumulasi total kehilangan massa logam terus bertambah secara progresif seiring bertambahnya waktu—seperti yang ditunjukkan oleh spesimen AISI 1020 pada konsentrasi 2M yang melonjak dari 0,6952 gram pada 24 jam menjadi 2,1722 gram setelah 72 jam—nilai perhitungan laju korosi

tahunannya (mm/y) menunjukkan pola fluktuasi yang tidak konstan. Pada interval perendaman 48 jam, mayoritas spesimen mengalami penurunan atau stabilisasi laju korosi yang menandakan terjadinya inisiasi pembentukan lapisan produk korosi berupa besi sulfat atau hidroksida pada permukaan logam.

Endapan produk korosi tersebut sempat bertindak sebagai penghalang fisik temporer (*diffusion barrier*) yang membatasi kontak kinetik langsung antara ion aktif dengan atom besi segar. Namun, memasuki durasi paparan 72 jam, nilai laju korosi kembali merangkak naik secara signifikan. Sifat agresif lingkungan asam sulfat pekat terbukti mampu mendestruksi kembali lapisan oksida alami tersebut karena karakteristik karat baja karbon rendah dalam media asam kuat bersifat sangat porus, getas, tidak stabil, dan mudah larut kembali. Ketiadaan perlindungan pasivasi yang stabil memicu terjadinya penyingkapan ulang logam induk (*re-exposed*), menyebabkan penetrasi korosi seragam berlangsung kontinu dengan intensitas yang lebih tinggi sebagaimana dianalisis oleh Jones (1996).



Gambar 2. Pengamatan Korosi pada Baja Karbon AISI 1020

Pada spesimen baja AISI 1020 yang direndam dalam larutan berkonsentrasi 1M selama 2 hari, mulai terlihat adanya perubahan warna pada permukaan logam dari perak mengkilap menjadi abu-abu kusam. Lapisan korosi yang terbentuk masih tergolong tipis dan merata di seluruh permukaan (*uniform corrosion*), namun tekstur permukaan asli logam sudah mulai menghilang akibat reaksi oksidasi awal.



Gambar 3. Pengamatan Korosi pada Baja Karbon ASTM A36

Pengamatan pada baja ASTM A36 menunjukkan pola korosi yang serupa dengan AISI 1020. Namun, secara visual terlihat adanya bercak-bercak oksidasi yang sedikit lebih gelap di beberapa titik. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi rendah, material ASTM A36 sudah mulai mengalami degradasi permukaan yang cukup jelas meskipun belum terjadi penipisan material yang ekstrem.

Penilaian kualitatif yang merujuk pada klasifikasi ketahanan korosi relatif menurut kriteria Mars G. Fontana (1986) menunjukkan bahwa seluruh nilai kuantitatif laju korosi dari variasi uji ini berada jauh di atas ambang batas kritis 5,0 mm/y. Melalui konversi parameter ini, baik plat baja ASTM A36 maupun AISI 1020 pada lingkungan H_2SO_4 1M dan 2M secara mutlak dikategorikan ke dalam zona kualitatif *Unacceptable* atau tidak dapat diterima untuk aplikasi struktural langsung tanpa proteksi tambahan. Kerusakan hebat ini dipicu oleh rendahnya unsur paduan pasivasi intrinsik pada kedua logam tersebut untuk menahan degradasi kimiawi. Namun, apabila performa kedua material dibandingkan secara spesifik, terekam sebuah anomali metalurgi yang konsisten di mana plat baja AISI 1020 memperlihatkan nilai laju korosi yang sedikit lebih tinggi (lebih buruk) daripada plat baja ASTM A36 pada semua parameter uji. Puncak degradasi tertinggi diidentifikasi pada pengujian 72 jam di dalam media H_2SO_4 di mana laju korosi AISI 1020 menyentuh angka maksimum sebesar 9,9272 mm/y, sedangkan ASTM A36 mampu menahan laju kerusakan sedikit lebih rendah pada nilai 9,1079 mm/y.

Perbedaan performa elektrokimia yang subtil ini berakar dari karakteristik metalurgi internal serta homogenitas unsur paduan mikro pada masing-masing spesimen. Secara teoritis, baja AISI 1020 merupakan baja kualitas mesin (*machinery steel*) dengan kontrol impurities karbon yang ketat mendekati nominal 0,20% dan sebaran fasa ferit-perlit yang homogen. Sebaliknya, ASTM A36 diklasifikasikan sebagai baja struktural umum dengan toleransi komposisi kimia yang lebih longgar, namun memiliki kandungan unsur paduan minor berupa Mangan (Mn) yang sedikit lebih tinggi daripada AISI 1020. Keberadaan atom Mangan dalam matriks ASTM A36 memberikan kontribusi mekanis pada tingkat mikro berupa perlambatan gradien difusi agresif dari ion sulfat di permukaan logam.

Meskipun kehadiran inklusi non-logam seperti Mangan Sulfida pada baja struktural berpotensi memicu pembentukan sel-sel galvanik mikro lokal yang mempercepat korosi sumuran, pada ekosistem asam sulfat statis berkonsentrasi tinggi serangan yang mendominasi adalah korosi merata (*uniform corrosion*). Efek perlambatan difusi ion oleh unsur minor Mangan pada ASTM A36 memberikan resistansi permukaan yang sedikit

lebih baik dalam mereduksi sensitivitas serangan kimia jika dibandingkan dengan baja AISI 1020.

Temuan komparatif gravimetri ini memperkuat justifikasi ilmiah Callister dan Rethwisch (2018) bahwa variasi minor konfigurasi unsur paduan mikro di dalam kelompok material yang sejenis tetap memegang peranan krusial dalam mendikte respon elektrokimia logam saat diekspos pada lingkungan industri yang bersifat korosif.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium eksperimental mengenai karakteristik degradasi elektrokimia pada plat baja karbon rendah menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) yang mengacu pada standar internasional ASTM G31, dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi larutan asam sulfat dan durasi waktu imersi memberikan pengaruh yang signifikan namun non-linear terhadap fluktuasi nilai laju korosi. Peningkatan molaritas media korosif dari 1M menjadi 2M secara konsisten memicu akselerasi laju korosi pada kedua jenis material akibat melimpahnya aktivitas ion hidrogen bebas yang mempercepat reaksi reduksi katodik dan disolusi anodik besi.

Sementara itu, parameter intertemporal waktu perendaman menunjukkan bahwa meskipun akumulasi total kehilangan massa logam terus bertambah progresif seiring bertambahnya waktu dari 24 hingga 72 jam, laju korosi tahunan (mm/y) mengalami fluktuasi akibat ketidakstabilan produk korosi bersifat porus yang terbentuk di permukaan logam induk. Secara komparatif, seluruh nilai kuantitatif laju korosi yang diperoleh berada jauh di atas ambang batas kritis 5,0 mm/y, sehingga berdasarkan kriteria Mars G. Fontana, performa plat baja ASTM A36 dan AISI 1020 di dalam lingkungan H_2SO_4 pekat dikategorikan ke dalam zona kualitatif *Unacceptable* (tidak dapat diterima).

Teridentifikasi pula kelainan metalurgi di mana baja AISI 1020 secara konsisten menunjukkan sensitivitas dan nilai laju korosi yang sedikit lebih tinggi daripada ASTM A36 pada semua parameter uji, yang dipicu oleh perbedaan konfigurasi unsur paduan mikro intrinsik seperti Mangan (Mn) di dalam matriks logam. Hasil empiris dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan data ilmiah yang valid bagi para praktisi industri dalam memprediksi sisa umur pakai komponen rekayasa serta mengoptimalkan sistem proteksi material pada lingkungan asam agresif.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian menyarankan untuk memperluas variasi kondisi pengujian, baik melalui penggunaan rentang konsentrasi larutan yang lebih beragam maupun media korosif dengan karakteristik kimia yang berbeda, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perilaku korosi pada baja ASTM A36 dan AISI 1020.

Di samping itu, penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan pengujian pada spesimen dengan lapisan pelindung atau kondisi permukaan asli tanpa perlakuan penghilangan lapisan, sehingga efektivitas perlindungan alami maupun pengaruh kondisi permukaan terhadap ketahanan korosi masing-masing jenis baja dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2021). *ASTM G31-21: Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Adzhani, D. R., & Sulistijono. (2023). *Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Korosi pada Baja ASTM A36 dalam Larutan Asam*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Teknik, 10(2), 45-52.
- Jones, D. A. (1996). *Principles and prevention of corrosion* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Pratama, R., & Setiawan, B. (2022). *Pengaruh Pengelasan terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja AISI 1020*. Jurnal Sains dan Teknologi Material.
- Ramadhan, M. I. (2020). *Studi Perbandingan Sifat Mekanik AISI 1020 dan ASTM A36 dalam Aplikasi Manufaktur*. Jurnal Riset Industri.
- Satriadi, A., dkk. (2021). *Analisis Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah*. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi.
- Pradana, Y. R. (2020). *Studi Eksperimental Laju Korosi pada Pelat Baja A36 dengan Variasi Waktu Perendaman dalam Media Korosif*. Jurnal Riset Teknologi.
- Rakhmawati, I., dkk. (2019). *Karakteristik Korosi Baja AISI 1020 pada Lingkungan Asam Sulfat: Tinjauan Konsentrasi dan Temperatur*. Journal of Corrosion Science.
- Hidayat, T., & Sulaiman, A. (2019). *Evaluasi Laju Korosi Baja Karbon dalam Lingkungan Air Laut Menggunakan Metode Imersi Berdasarkan Standar ASTM G31*. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi.

- Santoso, B. (2020). *Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Logam Ferro dengan Perlakuan Permukaan yang Berbeda*. Jurnal Riset Teknologi Industri.
- Wicaksono, R., dkk. (2022). *Analisis Laju Korosi pada Material Konstruksi dengan Metode Kehilangan Massa (Weight Loss) Sesuai Prosedur ASTM G31*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.).
- Fontana, M. G. (1986). *Corrosion Engineering* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.