

Pengaruh Variasi Kecepatan Putar terhadap Laju Korosi Baja ST 37 dalam Media Korosif

Mohammad Iqbal Faza Masyrofi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik

Email: femas9393@gmail.com

Abstract

Corrosion is a major problem in the automotive industry, especially in ST 37 steel used in vehicle components such as motorcycle spokes. The humid tropical environment and exposure to rainwater accelerate the degradation of the material. This research aims to analyze the effect of rotational speed on the corrosion rate of ST 37 steel in rainwater media through a literature study approach. Data were collected from various sources of previous research that addressed the interaction between flow velocity, rainwater chemical properties, and microstructure characteristics of ST 37 steel. The results of the study showed that an increase in rotational speed can accelerate the corrosion rate due to erosion of the protective layer and increased electrochemical reactions on the metal surface. This study shows that dynamic speed and environmental conditions have a great influence on material durability. Therefore, surface protection and material selection should be considered in the design of automotive components to improve the service life and safety of vehicles.

Keywords: Automotive Industry, Corrosion, Rainwater, Rotating Speed, ST37 Steel

1. Pendahuluan

Korosi merupakan salah satu permasalahan paling krusial dalam industri otomotif, terutama berkaitan dengan pemanfaatan logam seperti baja. Di antara berbagai jenis baja, ST 37 merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam sektor manufaktur dan otomotif karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah dikerjakan, dan biaya produksinya yang relatif rendah. Dengan segala kelebihanannya, baja ST 37 tetap rentan terhadap proses korosi sebagaimana halnya baja karbon lainnya, terutama bila terpapar lingkungan yang agresif, seperti air hujan, air laut, atau media korosif lainnya [1].

Dalam dunia otomotif, baja ST 37 banyak diaplikasikan pada berbagai komponen kendaraan bermotor yang tidak hanya membutuhkan kekuatan struktural, tetapi juga ketahanan terhadap lingkungan, seperti rangka kendaraan, lengan ayun, dan terutama jari-jari roda sepeda motor. Komponen-komponen ini umumnya terpapar langsung oleh lingkungan terbuka, menjadikannya sangat rentan terhadap proses korosi. Oleh karena itu, efektivitas material ST 37 dalam kondisi operasional nyata sangat bergantung pada kemampuan material tersebut menahan laju degradasi akibat lingkungan dan dinamika mekanis.

Fenomena korosi tidak hanya menurunkan estetika permukaan logam, tetapi juga berdampak serius terhadap kekuatan struktural dan umur pakai material. Penurunan kekuatan akibat korosi dapat membahayakan keselamatan pengguna, khususnya pada kendaraan bermotor yang beroperasi dalam kondisi lingkungan ekstrem. Beberapa studi menunjukkan bahwa paparan korosi yang terus-menerus mampu menurunkan kekuatan tarik baja ST 37 secara signifikan [2]. Selain itu, korosi juga mempercepat terbentuknya retakan akibat kelelahan material (*corrosion fatigue*), yang sangat berisiko dalam sistem kendaraan yang bekerja pada beban dinamis dan siklus berulang [3].

Salah satu media korosif yang umum dijumpai di lingkungan tropis seperti Indonesia adalah air hujan. Kandungan asam dalam air hujan yang berasal dari polutan udara, seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida, menyebabkan peningkatan keasaman yang mempercepat laju korosi logam. Penelitian oleh Putra, dkk. pada tahun 2025 mengungkapkan bahwa air hujan memiliki pH rendah dan mempercepat korosi baja dalam waktu singkat [4]. Sementara itu, perlakuan panas seperti proses annealing juga

berpengaruh terhadap struktur mikro baja ST 37 dan mempercepat reaksi korosi bila digunakan dalam media yang bersifat korosif [5].

Selain faktor lingkungan, aspek mekanis seperti kecepatan aliran fluida atau rotasi permukaan logam juga berperan dalam mempercepat korosi. Studi Ramli M. dan Tohir M. (2017) menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan rotasi menurunkan ketahanan terhadap korosi antarbutir [6], sedangkan Hu, dkk. (2023) mencatat bahwa aliran fluida mempercepat reaksi oksidasi pada permukaan logam, suatu fenomena yang dikenal sebagai *flow-accelerated corrosion* (FAC) [7]. Dalam konteks kendaraan bermotor, kecepatan putar roda atau komponen mesin dapat memperparah laju korosi, terutama jika tidak dilengkapi sistem pelindung yang memadai.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kecepatan putar terhadap laju korosi baja ST 37 dalam media air hujan melalui pendekatan studi literatur. Pemahaman yang lebih dalam mengenai pengaruh kecepatan mekanis dan lingkungan korosif terhadap baja ST 37 diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan desain material, peningkatan sistem perlindungan korosi, serta strategi pemeliharaan komponen otomotif yang lebih efektif dan berkelanjutan [8], [9].

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan teknik *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menganalisis laju korosi baja ST 37 pada jari-jari sepeda motor, khususnya dalam pengaruh media air hujan dan variasi kecepatan putar. Studi literatur merupakan teknik pengumpulan informasi yang melibatkan kegiatan pengumpulan literatur, membaca, mencatat, dan mengelola referensi ilmiah [10]. Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur dari berbagai basis data ilmiah seperti Google Scholar, ResearchGate, DOAJ, dan Atlantis Press. Kata kunci yang digunakan antara lain: “korosi baja ST 37”, “media air hujan”, “kecepatan putar”, “*fatigue corrosion*”, dan “perlakuan permukaan baja”. Fokus pencarian diarahkan pada jurnal yang terbit dalam kurun waktu lima hingga delapan tahun terakhir guna memastikan relevansi dengan perkembangan terkini dalam bidang material teknik.

Tahap awal pencarian menghasilkan sekitar tiga puluh artikel, yang kemudian diseleksi menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi mencakup artikel yang membahas korosi pada baja ST 37 atau logam sejenis dalam lingkungan basah atau dinamis, serta artikel yang menyertakan data eksperimen atau hasil simulasi. Sementara itu, artikel yang tidak relevan secara teknis, tidak tersedia dalam akses penuh, atau tidak memenuhi standar ilmiah dikeluarkan dari proses seleksi. Setelah proses penyaringan, diperoleh sepuluh jurnal utama yang dinilai paling relevan dan memenuhi kelayakan untuk dianalisis secara mendalam.

Analisis dilakukan secara kualitatif dengan menelaah isi dari masing-masing jurnal untuk mengidentifikasi pola temuan, perbedaan pendekatan penelitian, serta kesimpulan yang ditarik oleh masing-masing penulis. Tiga fokus utama dalam analisis ini adalah: pertama, karakteristik korosi baja ST 37 dalam media air hujan dan lingkungan lembap; kedua, pengaruh kecepatan putar atau beban dinamis terhadap percepatan laju korosi; dan ketiga, solusi mitigasi korosi yang terbukti efektif seperti pelapisan permukaan, perlakuan termal, maupun penggunaan inhibitor alami. Dari hasil telaah ini, penelitian diharapkan memberikan gambaran menyeluruh mengenai tantangan korosi pada baja ST 37 serta pendekatan teknik yang dapat diterapkan untuk memperpanjang umur pakai komponen otomotif berbahan dasar baja tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Baja ST 37

Baja ST 37 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, terutama di bidang konstruksi, otomotif, dan manufaktur. Popularitasnya disebabkan oleh harga yang relatif ekonomis serta kemudahan dalam proses pengerjaan, baik pemotongan, pembentukan, maupun pengelasan. Komposisi kimia baja ST 37 didominasi oleh unsur

besi (Fe) dengan kandungan karbon berkisar antara 0,17–0,20%, sehingga termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Kandungan karbon yang rendah ini menyebabkan baja ST 37 memiliki sifat mekanik yang relatif lunak, ulet, serta mudah dilas [11]. Sifat-sifat tersebut menjadikan baja ini sangat cocok digunakan pada aplikasi konstruksi umum dan komponen mesin yang tidak membutuhkan kekuatan tinggi, namun membutuhkan keuletan dan kemudahan dalam pengelasan. Sifat yang dimiliki baja ST 37 juga menjadikannya kurang tahan terhadap korosi, terutama ketika digunakan pada lingkungan lembap atau agresif, seperti air hujan, air laut, dan lingkungan industri yang mengandung zat asam.

Dari segi mikrostruktur, baja ST 37 didominasi oleh fasa ferit dengan sedikit perlit. Ferit berperan penting dalam memberikan sifat keuletan, kemudahan dalam deformasi plastis, serta kemampuan pengerjaan secara mekanis. Di sisi lain, kandungan perlit yang rendah membatasi kekuatan tarik baja ini, karena perlit merupakan fasa yang berkontribusi terhadap kekerasan dan kekuatan [12]. Struktur mikro semacam ini juga membuat baja lebih rentan mengalami oksidasi, terutama ketika terpapar pada lingkungan dengan kandungan elektrolit dan oksigen yang tinggi serta pH rendah, seperti pada air hujan. Dalam kondisi tersebut, lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja tidak cukup kuat untuk melindungi logam dari serangan korosi. Akibatnya, laju korosi meningkat, dan baja mengalami degradasi secara bertahap.

Selain itu, menurut Susanto dan Fadillah (2022), karakteristik baja ST 37 dapat berubah apabila mengalami perlakuan panas, seperti proses *annealing* [5]. Perlakuan ini berdampak pada struktur mikro dan tingkat ketahanan korosinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja ST 37 yang telah mengalami proses *annealing* memiliki laju korosi yang berbeda dibandingkan dengan baja tanpa perlakuan. Hal ini membuktikan bahwa modifikasi struktur mikro memiliki pengaruh signifikan terhadap ketahanan baja terhadap serangan korosi.

Kekuatan mekanik baja ST 37 sangat dipengaruhi oleh adanya korosi. Penelitian oleh Sundari, dkk. (2024) menyatakan bahwa korosi dapat menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan ketahanan material secara signifikan, terutama jika terpapar dalam jangka waktu yang lama [2]. Oleh karena itu, karakteristik baja ST 37 harus diperhitungkan secara matang sebelum digunakan pada lingkungan yang memiliki potensi korosif tinggi. Pemilihan pelapis pelindung, penggunaan inhibitor korosi, serta modifikasi permukaan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan ketahanan korosi baja ini di lingkungan ekstrem [2], [5].

Mekanisme Korosi dalam Media Air Hujan

Air hujan merupakan salah satu media lingkungan yang sangat korosif bagi logam, khususnya baja karbon rendah seperti ST 37. Korosi pada baja dalam air hujan terjadi akibat adanya reaksi elektrokimia antara logam dengan air yang mengandung oksigen terlarut serta berbagai zat pencemar seperti sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2). Zat-zat ini larut dalam air hujan dan membentuk asam lemah seperti asam sulfat dan asam nitrat yang dapat mempercepat laju korosi.

Mekanisme korosi diawali dengan reaksi anodik di mana atom besi (Fe) melepaskan dua elektron dan menjadi ion besi (Fe^{2+}). Elektron yang dilepaskan akan digunakan dalam reaksi katodik, biasanya untuk mereduksi oksigen menjadi ion hidroksida (OH^-). Produk dari kedua reaksi ini akan bergabung membentuk feri hidroksida yang kemudian teroksidasi menjadi karat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). Karat ini tidak mampu melindungi logam di bawahnya, sehingga korosi terus berlangsung dan mempercepat degradasi material.

Dalam penelitian oleh Saputra (2023), air hujan terbukti mempercepat korosi pada baja ST 37 lebih cepat dibandingkan air payau. Hal ini disebabkan oleh tingkat keasaman air hujan yang lebih tinggi akibat pencemaran udara, yang menurunkan nilai pH dan meningkatkan sifat korosif media tersebut [1]. Sementara itu, Nasibullina (2022) juga meneliti laju korosi baja dalam air hujan menggunakan metode potensiodinamik. Mereka menemukan bahwa kecepatan korosi dipengaruhi oleh lamanya paparan dan komposisi kimia air hujan, termasuk kandungan ion klorida dan sulfat [3].

Dari berbagai penelitian, dapat disimpulkan bahwa air hujan merupakan media yang sangat agresif terhadap baja ST 37. Paparan jangka panjang pada lingkungan dengan curah hujan tinggi dapat

menyebabkan penurunan kekuatan mekanik material secara signifikan serta memperpendek usia pakai struktur baja tersebut [1] [3].

Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Laju Korosi

Kecepatan putar atau kecepatan aliran media cair yang mengenai permukaan logam merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi laju korosi. Semakin tinggi kecepatan aliran, maka semakin besar energi kinetik yang dimiliki media cair tersebut, yang berpotensi meningkatkan proses erosi korosi (*erosion-corrosion*). Dalam konteks penelitian terhadap baja ST 37, kecepatan putar dari media seperti air hujan yang bersirkulasi pada sistem berputar terbukti dapat mempercepat laju korosi logam tersebut.

Hu, dkk. (2023) menjelaskan bahwa peningkatan kecepatan aliran menyebabkan meningkatnya perpindahan massa ion-ion agresif ke permukaan logam, sehingga reaksi elektrokimia berlangsung lebih cepat [7]. Selain itu, lapisan pelindung pasif yang terbentuk di permukaan logam juga akan lebih mudah terkikis, menjadikan baja lebih rentan terhadap korosi berulang. Fenomena ini dikenal dengan istilah *flow-accelerated corrosion* (FAC).

Dalam studi oleh Ramadani (2017), ditemukan bahwa pada material logam ringan seperti jari-jari sepeda motor, kecepatan putar roda yang tinggi mempercepat terbentuknya lubang-lubang kecil akibat korosi [8]. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh kecepatan dinamis sangat signifikan terhadap penurunan daya tahan material. Sementara itu, Putra, dkk. (2025) menyatakan bahwa perlakuan pelapisan permukaan seperti blackening dapat sedikit menghambat efek kecepatan putar terhadap laju korosi, meskipun efektivitasnya tetap bergantung pada kondisi lingkungan media cair [4].

Efek dari kecepatan putar terhadap baja ST 37 juga dihubungkan dengan *fatigue corrosion*. Pada kondisi siklus berulang dan kecepatan tinggi, baja mengalami keretakan lebih cepat akibat interaksi antara tegangan mekanik dan korosi lingkungan [3]. Oleh karena itu, dalam aplikasi praktis, penting untuk mempertimbangkan pengaruh kecepatan media terhadap degradasi material baja, terutama pada sistem berputar seperti pompa, turbin, atau kendaraan bermotor [3], [7], [8].

Analisis Komparatif Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju korosi baja ST 37 sangat dipengaruhi oleh media lingkungan, kecepatan putar, dan perlakuan permukaan. Ketika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, temuan ini memiliki koherensi dan memperkuat pemahaman tentang faktor-faktor penyebab degradasi material. Penelitian Saputra (2023) mengungkapkan bahwa media air hujan menyebabkan korosi signifikan pada baja ST 37, meskipun laju korosinya lebih rendah dibanding air laut dan air payau [1]. Hal ini sejalan dengan temuan saat baja diuji pada lingkungan hujan buatan menunjukkan peningkatan korosi seiring waktu.

Sementara itu, Ramadani (2017) membandingkan laju korosi pada jari-jari sepeda motor dan menemukan bahwa laju korosi meningkat ketika material terkena lingkungan terbuka dan terpapar langsung air hujan serta udara lembap [8]. Penelitian ini menegaskan bahwa tanpa perlindungan tambahan, baja akan mengalami degradasi yang cepat, terutama dalam kondisi atmosferik tropis seperti di Indonesia. Hu, dkk. (2023) menambahkan dimensi perlakuan termal, di mana mereka membuktikan bahwa proses annealing dapat memengaruhi struktur mikro baja ST 37 sehingga mempengaruhi kecepatan korosi [7]. Dalam penelitian ini, baja tanpa perlakuan permukaan juga menunjukkan tingkat korosi lebih tinggi, yang mendukung temuan tersebut.

Selain itu, hasil dari Putra, dkk. (2025) menunjukkan bahwa pelapisan permukaan seperti *blackening coating* secara signifikan menurunkan laju korosi pada baja dalam media air hujan [4]. Ketika dibandingkan dengan spesimen tanpa pelapisan, efektivitas proteksi terhadap ion-ion agresif dalam air hujan sangat jelas terlihat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa temuan penelitian ini memperkuat hasil studi sebelumnya dan memperluas pemahaman bahwa interaksi antara media, kecepatan putar, dan perlakuan permukaan secara sinergis memengaruhi laju korosi baja ST 37 [1], [4], [7], [8].

Implikasi dan Saran untuk Industri Otomotif

Korosi pada baja ST 37 memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan struktural dan umur pakai komponen kendaraan. Dalam industri otomotif, baja jenis ini sering digunakan untuk komponen rangka,

sasis, dan bagian struktural lainnya karena sifat mekaniknya yang ulet dan mudah dibentuk. Mengingat peran vital baja ST 37 dalam menopang struktur kendaraan, penting untuk memahami bagaimana faktor lingkungan, seperti paparan air hujan, serta kondisi operasional seperti kecepatan putar, dapat memengaruhi ketahanan material ini terhadap korosi. Pemahaman yang mendalam mengenai hal tersebut sangat diperlukan dalam merancang sistem perlindungan material yang efektif dan berkelanjutan. Berdasarkan penelitian Sundari, dkk. (2024), korosi menyebabkan penurunan kekuatan tarik baja secara signifikan, sehingga memengaruhi ketahanan dan keamanan kendaraan dalam jangka panjang [2].

Penelitian Nasibullina (2022) menambahkan bahwa korosi yang terjadi secara berulang akibat beban dinamis juga dapat memicu terjadinya *corrosion fatigue* yang mempercepat munculnya retakan [3]. Kondisi ini sangat berbahaya, terutama untuk komponen otomotif yang bekerja dalam kondisi getaran tinggi seperti suspensi dan rangka. Retakan akibat kelelahan korosi dapat menyebabkan kegagalan struktur secara tiba-tiba jika tidak dideteksi sejak dini.

Dalam konteks ini, saran untuk industri otomotif adalah menerapkan pelapisan pelindung seperti cat antikorosi, galvanisasi, atau *blackening coating* yang terbukti mampu menekan laju korosi dalam media air hujan [4]. Selain itu, pengujian material dalam kondisi lingkungan nyata dengan mempertimbangkan kecepatan rotasi atau beban dinamis sangat diperlukan untuk mensimulasikan kondisi kerja sesungguhnya. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa perlindungan yang dirancang benar-benar efektif dalam lingkungan operasional sebenarnya.

Lahbib, dkk. (2024) juga menunjukkan efektivitas penggunaan inhibitor alami seperti ekstrak cengkeh untuk mencegah korosi baja ST 37 di lingkungan laut, yang juga bisa diaplikasikan dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan di sektor otomotif [9]. Oleh karena itu, perlu adanya inovasi berkelanjutan dalam teknik perlindungan korosi serta integrasi hasil penelitian material korosif ke dalam perancangan dan uji coba produk kendaraan. Hal ini bertujuan tidak hanya untuk meningkatkan umur pakai produk, tetapi juga menjamin keselamatan pengguna kendaraan [2], [3], [4], [9].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa laju korosi pada baja ST 37 sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu media lingkungan, perlakuan permukaan, dan kondisi operasional, terutama kecepatan putar. Baja ST 37 memang memiliki sifat mekanis yang cukup baik dan banyak digunakan dalam industri otomotif, khususnya pada komponen seperti jari-jari sepeda motor. Namun, baja ini sangat rentan terhadap korosi apabila tidak diberikan perlindungan yang memadai, terutama pada lingkungan yang bersifat agresif, seperti air hujan atau air laut.

Hasil kajian menunjukkan bahwa semakin lama baja ST 37 terpapar media korosif, maka semakin tinggi pula laju korosinya. Selain itu, kecepatan putar juga terbukti mempercepat laju korosi. Pada komponen yang mengalami perputaran atau pergerakan, seperti roda, poros, atau komponen transmisi, korosi dapat terjadi lebih cepat karena terjadinya gesekan fluida yang mempercepat hilangnya lapisan pelindung pada permukaan baja.

Penelitian ini juga menegaskan bahwa perlakuan permukaan, seperti pelapisan (*coating*), dapat menurunkan laju korosi secara signifikan. Berbagai metode pelapisan, seperti *blackening* dan penggunaan inhibitor alami, telah terbukti efektif dalam menghambat korosi pada baja ST 37. Oleh karena itu, penting bagi industri otomotif untuk memperhatikan aspek perlindungan korosi dalam perancangan, produksi, dan pemeliharaan komponen kendaraan.

Dengan memahami karakteristik korosi pada baja ST 37 serta faktor-faktor yang memengaruhinya, diharapkan industri dapat meningkatkan kualitas, ketahanan, dan umur pakai produk otomotif. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi perlindungan korosi yang lebih efisien, ramah lingkungan, serta mendukung keselamatan dan keandalan kendaraan dalam jangka panjang.

Referensi

- [1] A. T. 'Saputra, "Pengaruh Air Hujan, Air Laut Dan Air Payau Terhadap Tingkat Karat dan Laju Korosi pada Baja ST 37," Universitas Gresik, 2022.
- [2] T. Sundari, A. Mutrofin, R. Ramadhani, A. ' Izzatul Khiyana, T. Yulianto, and M. W. Nugroho, "Titin Sundari, Akmam Mutrofin, Rahma Ramadhani, A'izzatul Khiyana, Totok Yulianto, Meriana Wahyu Nugroho Effect of Corrosion on Steel Strength (St. 37) Effect of Corrosion on Steel Strength (ST. 37)", doi: 10.32832/astonjadro.v13i3.
- [3] O. A. Nasibullina, "Effect Of Corrosion Fatigue of ST37-2 Steel on The Crack Development," *AIP Conf Proc*, 2022.
- [4] E. A. P. Putra, U. N. Yanti, A. T. Setiawan, J. Muh. A. Albar, and D. P. Sari, "The Effect of Blackening Coating on Widia Tool Holder on Corrosion Rate," 2025, pp. 343–350. doi: 10.2991/978-94-6463-768-7_38.
- [5] C. Ona Toda and E. Sulistyorini, "Analisis Laju Korosi Pada Baja St 37 Akibat Perlakuan Panas Bertingkat."
- [6] M. Ramli and M. Tohir, "Effect Of Rotational Speed On Intergranular Corrosion Resistance Of Friction-Welded SAF 2507 Joints," *Stainless Steel World*, 2017.
- [7] Y. Hu, L. Xin, C. Hong, Y. Han, and Y. Lu, "Microstructural Understanding of Flow Accelerated Corrosion of SA106B Carbon Steel in High-Temperature Water with Different Flow Velocities," *Materials*, vol. 16, no. 11, Jun. 2023, doi: 10.3390/ma16113981.
- [8] A. Ramadani and A. M. Sakti, "Analisis Perbedaan Laju Korosi Material Jari-Jari Sepeda Motor (Spokes) Pada Berbagai Media Air Yang Berkonsentrasi Asam di Daerah Perindustrian," 2017.
- [9] H. Lahbib, P. Cristiani, H. Gerengi, S. Trasatti, and Y. Ben Amor, "Corrosion Prevention of St37 Steel in Mediterranean Seawater Thanks to a Green Plant Extract: Gravimetric and Electrochemical Studies," 2024. [Online]. Available: www.journaleras.com
- [10] A. Susilo, B. Ardianto, S. Romlah, M. Wirdaini, U. Maarif Hasyim Latif, and J. Timur, "Implementasi Artificial Intelligence dalam Merdeka Belajar pada Bidang Humaniora, Iptek, dan Sains," 2023.
- [11] A. R. Bahman and E. Alialhosseini, "'Welding Technology' Change In Hardness, Yield Strength And UTS Of Welded Joints Produced in ST37 Grade Steel," *Indian J Sci Technol*, vol. 3, no. 12, 2010, [Online]. Available: <http://www.indjst.org>
- [12] M. Balavar and H. Mirzadeh, "Enhancement of Mechanical Properties of Low Carbon Steel Based on Heat Treatment And Thermo-Mechanical Processing Routes," *Journal of Ultrafine Grained and Nanostructured Materials*, vol. 51, no. 2, pp. 169–173, 2018, doi: 10.22059/JUFGNSM.2018.02.09.