

PERAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA KARBON DALAM MEDIA NaCl 2,5%

Dafif Azfa Nur¹, Muhamad Ibnu Ravasya Putra², Trisna³, Thomas Junaedi⁴, Rahmat^{5,*}

¹Departement Teknik Elektro, Universitas Sains Indonesia

^{2,3,4}Departement Teknik Mesin, Universitas Sains Indonesia

Jl. Tol Arteri Cibitung No. 50 Kec. Cikarang Barat Kab. Bekasi

*Corresponding author : rahmat.r@lecturer.sains.ac.id

Abstrak

Korosi merupakan masalah serius yang sering terjadi pada baja karbon, terutama ketika digunakan pada lingkungan yang mengandung larutan garam seperti NaCl. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi alami pada baja karbon dalam media NaCl 2,5%. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perendaman dengan variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis. Spesimen baja karbon direndam dalam larutan NaCl 2,5% baik tanpa inhibitor maupun dengan penambahan ekstrak kulit manggis selama waktu tertentu. Laju korosi dianalisis menggunakan metode kehilangan berat (weight loss) dengan membandingkan massa spesimen sebelum dan sesudah perendaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja karbon yang direndam tanpa inhibitor mengalami laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon yang diberi ekstrak kulit manggis. Penambahan ekstrak kulit manggis terbukti mampu menurunkan laju korosi secara signifikan. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, semakin besar kemampuan inhibitor dalam menghambat proses korosi. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa aktif dalam kulit manggis yang dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa ekstrak kulit manggis efektif digunakan sebagai inhibitor korosi alami, ramah lingkungan, dan berpotensi menjadi alternatif pengganti inhibitor sintetis.

Kata Kunci: baja karbon; ekstrak kulit manggis; inhibitor alami; korosi, NaCl 2,5%

Abstract

Corrosion is a serious problem that commonly occurs in carbon steel, especially when it is used in environments containing saline solutions such as NaCl. This study aims to investigate the role of mangosteen peel extract as a natural corrosion inhibitor for carbon steel in a 2.5% NaCl medium. The method used in this research was the immersion method with variations in the concentration of mangosteen peel extract. Carbon steel specimens were immersed in a 2.5% NaCl solution, both without an inhibitor and with the addition of mangosteen peel extract, for a certain period of time. The corrosion rate was analyzed using the weight loss method by comparing the mass of the specimens before and after immersion. The results showed that carbon steel immersed without an inhibitor experienced a higher corrosion rate compared to carbon steel treated with mangosteen peel extract. The addition of mangosteen peel extract was proven to significantly reduce the corrosion rate. The higher the extract concentration used, the greater the inhibitor's ability to inhibit the corrosion process. This is attributed to the presence of active compounds in mangosteen peel that can form a protective layer on the steel surface. Based on these results, it can be concluded that mangosteen peel extract is effective as a natural, environmentally friendly corrosion inhibitor and has the potential to be an alternative to synthetic inhibitors.

Keywords: carbon steel; corrosion; mangosteen peel extract; natural inhibitor; NaCl 2,5%

1. Pendahuluan

Baja karbon merupakan salah satu material logam yang paling banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti industri konstruksi, perminyakan, transportasi, dan manufaktur [1][2]. Hal ini disebabkan karena baja karbon memiliki harga yang relatif terjangkau, mudah dibentuk, serta memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik [3]. Meskipun demikian, baja karbon memiliki kelemahan utama, yaitu mudah mengalami korosi, terutama jika berada pada lingkungan yang lembap atau mengandung zat korosif seperti ion klorida [4].

Korosi adalah proses penurunan kualitas logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya. Pada lingkungan yang mengandung larutan NaCl, seperti air laut atau lingkungan pesisir, laju korosi pada baja karbon dapat meningkat dengan cepat. Ion klorida dalam larutan NaCl dapat merusak lapisan pelindung alami pada permukaan baja, sehingga mempercepat terjadinya reaksi oksidasi dan menimbulkan karat [5]. Dampak dari korosi ini sangat merugikan karena dapat menyebabkan penurunan kekuatan material, kebocoran, kerusakan struktur, serta meningkatkan biaya perawatan dan perbaikan.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengendalikan laju korosi adalah dengan penambahan inhibitor korosi. Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang ditambahkan ke dalam lingkungan korosif dengan tujuan untuk memperlambat atau menghambat reaksi korosi pada permukaan logam [6]. Inhibitor sintetis banyak digunakan karena memiliki efektivitas yang tinggi, namun umumnya bersifat toksik, mahal, dan berpotensi mencemari lingkungan. Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap perlindungan lingkungan, penelitian mengenai inhibitor korosi alami mulai banyak dikembangkan. Inhibitor alami

umumnya berasal dari bahan tumbuhan yang mengandung senyawa aktif seperti tanin, flavonoid, alkaloid, dan senyawa fenolik lainnya. Senyawa-senyawa tersebut dapat teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan pelindung yang mampu menghambat kontak langsung antara logam dan lingkungan korosif [7].

Kulit manggis merupakan salah satu limbah alami yang mudah ditemukan di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit manggis diketahui mengandung berbagai senyawa aktif, seperti xanton, tanin, dan flavonoid, yang berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi [8]. Pemanfaatan ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi tidak hanya dapat mengurangi laju korosi baja karbon, tetapi juga mendukung penggunaan bahan ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji peran ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam media NaCl 2,5%. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas ekstrak kulit manggis sebagai alternatif inhibitor korosi alami [9].

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk mengetahui dan menganalisis peran ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi alami pada baja karbon dalam media NaCl 2,5%. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan ekstrak kulit manggis dalam menurunkan laju korosi baja karbon yang disebabkan oleh lingkungan yang mengandung ion klorida [10].

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis terhadap efektivitas penghambatan korosi. Dengan adanya variasi konsentrasi inhibitor, diharapkan dapat diketahui konsentrasi optimum yang memberikan

perlindungan paling baik terhadap permukaan baja karbon [11].

Tujuan lainnya adalah untuk mendukung pengembangan inhibitor korosi yang ramah lingkungan dan berbahan dasar alami sebagai alternatif pengganti inhibitor sintetis yang bersifat toksik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pemanfaatan limbah kulit manggis serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang pengendalian korosi logam.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak kulit manggis terhadap laju korosi baja karbon dalam media NaCl 2,5% [12]. Metode eksperimen dipilih karena mampu memberikan data yang akurat dan terukur terkait perubahan laju korosi akibat penambahan inhibitor alami.

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan metode perendaman (immersion test), yaitu dengan merendam spesimen baja karbon ke dalam larutan NaCl 2,5% yang berfungsi sebagai media korosif. Ekstrak kulit manggis ditambahkan ke dalam larutan sebagai inhibitor korosi dengan beberapa variasi konsentrasi untuk melihat pengaruhnya terhadap laju korosi.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi ekstrak kulit manggis yang ditambahkan ke dalam larutan NaCl 2,5%. Variabel terikat adalah laju korosi baja karbon yang terjadi selama proses perendaman. Sedangkan variabel kontrol meliputi jenis baja karbon, konsentrasi larutan NaCl, waktu perendaman, dan suhu

lingkungan, yang dijaga tetap sama selama penelitian berlangsung.

2.3 Alat dan Bahan

2.3.1 Alat yang digunakan:

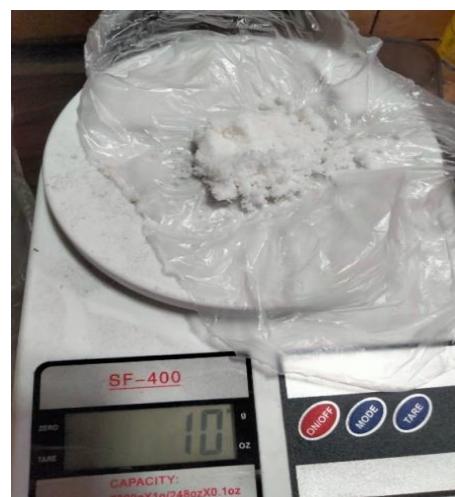
Beberapa alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Gelas beker sebagai wadah pengukuran volume etanol.



Gambar 1. Gelas beker

2. Timbangan digital untuk mengukur berat bahan yang digunakan.



Gambar 2. Timbangan digital

3. Blender untuk menghaluskan kulit manggis sampai menjadi halus.
6. Jam biasa digunakan sebagai timer pada saat pengujian.



Gambar 3. Blender

4. Kertas saring digunakan untuk menyaring dari sisa pengekstrakan kulit manggis.



Gambar 4. Kertas saring

5. Botol plastik kecil (350 milimeter) sebagai wadah pengujian korosi.



Gambar 5. Botol plastik kecil

6. Jam biasa digunakan sebagai timer pada saat pengujian.



Gambar 6. Jam digital

7. Amplas halus Grid 1000 untuk membersihkan sisa kotoran pada plat besi.



Gambar 7. Amplas halus Grid 1000

2.3.2 Bahan yang digunakan:

Beberapa bahan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Etanol 70% (500 mili liter) untuk mengekstrak zat tanin dan flavonoid pada kandungan kulit manggis.



Gambar 8. Etanol 70% (500 mili liter)

2. Kulit manggis (127 gram) sebagai inhibitor lapisan dalam pada material yang di uji.



Gambar 9. Kulit manggis

3. Plat besi 3x10 sebagai material/bahan yang di uji.



Gambar 10. Plat besi 3x10 mm

4. NaCl 2,5% untuk pengujian ekstrak kulit manggis.



Gambar 11. NaCl 2,5%

2.4 Preparasi Spesimen Baja Karbon

Spesimen baja karbon dipotong dengan ukuran yang sama agar hasil pengujian lebih akurat dan seragam. Permukaan spesimen kemudian diampelas secara bertahap untuk menghilangkan kotoran, karat awal, dan lapisan oksida yang menempel [13]. Setelah itu, spesimen dicuci menggunakan aquades, dikeringkan dengan matahari, lalu ditimbang untuk memperoleh berat awal sebagai data banding.



Gambar 12. Berat awal yang di peroleh

2.5 Pembuatan Ekstrak Kulit Manggis

Kulit manggis dikeringkan pada suhu ruang hingga kadar airnya berkurang, kemudian

dihaluskan menjadi serbuk. Serbuk kulit manggis diekstraksi menggunakan pelarut etanol dengan metode maserasi selama beberapa hari agar senyawa aktif dapat terekstraksi secara optimal [14]. Hasil maserasi kemudian disaring untuk memisahkan ampas dan filtrat. Filtrat yang diperoleh digunakan sebagai ekstrak kulit manggis.



Gambar 13. Kulit manggis di keringkan dan di haluskan

2.6 Proses Perendaman Spesimen

Spesimen baja karbon direndam dalam larutan NaCl 2,5% tanpa penambahan inhibitor sebagai sampel kontrol dan dalam larutan NaCl 2,5% yang telah ditambahkan ekstrak kulit manggis dengan variasi konsentrasi sebagai sampel uji [15]. Proses perendaman dilakukan selama waktu yang telah ditentukan pada suhu ruang. Selama perendaman, larutan dijaga agar tetap homogen dan tidak terkontaminasi.



Gambar 14. Proses Perendaman

2.7 Pengujian dan Pengukuran Laju Korosi

Setelah proses perendaman selesai, spesimen diangkat dari larutan, dibersihkan dari sisa-sisa produk korosi, kemudian dikeringkan. Spesimen selanjutnya ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir. Selisih antara berat awal dan berat akhir digunakan untuk menghitung kehilangan berat spesimen.



Gambar 15. Berat akhir

2.8 Analisis Data

Laju korosi dihitung menggunakan metode kehilangan berat (weight loss) berdasarkan data massa spesimen sebelum dan sesudah perendaman. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan laju korosi pada masing-masing variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui efektivitas ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi alami pada baja karbon.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Baja Karbon Setelah Perendaman

Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, spesimen baja karbon yang direndam dalam larutan NaCl 2,5% tanpa penambahan inhibitor menunjukkan perubahan warna yang cukup jelas. Permukaan baja tampak lebih kasar dan terbentuk lapisan karat berwarna coklat kemerahan [16]. Hal ini menandakan bahwa proses korosi berlangsung dengan cepat akibat pengaruh ion klorida yang bersifat agresif.



Gambar 16. Perbandingan *coating* manggis dan *non coating*, sesudah direndam di dalam larutan NaCl.

Berbeda dengan spesimen yang direndam dalam larutan NaCl 2,5% dengan penambahan ekstrak kulit manggis, permukaan baja karbon terlihat lebih bersih dan tingkat pembentukan karat relatif lebih sedikit. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak kulit manggis yang ditambahkan, kondisi permukaan baja semakin baik dan kerusakan akibat korosi semakin berkurang.

3.2 Hasil Pengujian Kehilangan Berat

Pengujian kehilangan berat menunjukkan bahwa spesimen baja karbon tanpa inhibitor mengalami penurunan massa yang paling besar setelah proses perendaman. Kehilangan berat ini menunjukkan tingginya laju korosi yang terjadi pada permukaan baja karbon. Kondisi tersebut sejalan dengan sifat larutan NaCl yang dapat mempercepat reaksi elektrokimia pada logam.

Pada spesimen yang menggunakan ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor, nilai kehilangan berat yang diperoleh jauh lebih kecil. Penurunan massa spesimen semakin berkurang seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak kulit manggis [17]. Hasil ini membuktikan bahwa ekstrak kulit manggis mampu menghambat proses korosi secara efektif.

Tabel 1. Hasil pengujian kehilangan berat baja karbon per hari

Hari	Kondisi Spesimen	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Kehilangan Berat (g)
1	Tanpa Inhibitor	107	107	0
2	Tanpa Inhibitor	107	106	1
3	Tanpa Inhibitor	106	105	1
1	Dengan Inhibitor Ekstrak Kulit Manggis	107	107	0
2	Dengan Inhibitor Ekstrak Kulit Manggis	107	107	0
3	Dengan Inhibitor Ekstrak Kulit Manggis	107	106	1

Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat bahwa kehilangan berat spesimen baja karbon meningkat setiap hari pada sampel tanpa inhibitor. Hal ini menunjukkan bahwa proses korosi berlangsung secara terus-menerus selama waktu perendaman. Sebaliknya, pada spesimen yang menggunakan ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor, nilai kehilangan berat relatif lebih kecil setiap harinya. Hasil ini menegaskan bahwa ekstrak kulit manggis mampu memperlambat laju korosi baja karbon secara efektif selama proses perendaman.

3.3 Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Manggis terhadap Laju Korosi

Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit manggis terhadap laju korosi baja karbon terlihat jelas dari hasil perhitungan laju korosi. Pada konsentrasi inhibitor yang rendah, laju korosi sudah mulai menurun dibandingkan dengan sampel tanpa

inhibitor [18]. Namun, pada konsentrasi yang lebih tinggi, penurunan laju korosi menjadi lebih signifikan.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak senyawa aktif dari ekstrak kulit manggis yang tersedia, semakin luas permukaan baja karbon yang dapat terlindungi. Dengan demikian, peningkatan konsentrasi inhibitor berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas penghambatan korosi.

3.4 Mekanisme Penghambatan Korosi oleh Ekstrak Kulit Manggis

Kemampuan ekstrak kulit manggis dalam menghambat korosi disebabkan oleh kandungan senyawa aktif seperti tanin, flavonoid, dan xanton. Senyawa-senyawa ini memiliki gugus fungsi yang dapat berinteraksi dengan permukaan baja karbon melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi ini membentuk lapisan tipis pada permukaan logam yang berfungsi sebagai pelindung.

Lapisan pelindung tersebut mampu menghambat kontak langsung antara baja karbon dengan ion klorida dan oksigen yang terdapat dalam larutan. Akibatnya, reaksi oksidasi dan reduksi yang menyebabkan pembentukan karat dapat ditekan, sehingga laju korosi menjadi lebih rendah.

3.5 Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Manggis

Efisiensi inhibisi menunjukkan seberapa besar kemampuan inhibitor dalam menurunkan laju korosi. Berdasarkan hasil penelitian, efisiensi inhibisi ekstrak kulit manggis meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor [19]. Pada konsentrasi tertinggi, ekstrak kulit manggis menunjukkan kemampuan perlindungan yang paling optimal terhadap baja karbon. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit manggis memiliki potensi besar sebagai inhibitor korosi alami. Selain efektif, penggunaan ekstrak kulit manggis

juga lebih aman bagi lingkungan dibandingkan inhibitor sintetis.

3.6 Pembahasan Umum

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kulit manggis ke dalam media NaCl 2,5% memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan laju korosi baja karbon. Temuan ini sejalan dengan konsep penggunaan inhibitor alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pemanfaatan limbah kulit manggis sebagai inhibitor korosi tidak hanya memberikan manfaat teknis dalam perlindungan logam, tetapi juga memberikan nilai tambah dari segi lingkungan dan ekonomi [20]. Oleh karena itu, ekstrak kulit manggis berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan inhibitor korosi alami pada berbagai aplikasi industri.

4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi alami pada baja karbon dalam media NaCl 2,5%. Berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, mulai dari persiapan spesimen, proses perendaman, pengujian kehilangan berat, hingga analisis hasil, dapat disimpulkan bahwa ekstrak kulit manggis menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam menghambat laju korosi baja karbon.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa baja karbon yang direndam dalam larutan NaCl 2,5% tanpa penambahan inhibitor mengalami tingkat korosi yang cukup tinggi. Hal ini ditandai dengan terbentuknya karat secara merata pada permukaan baja serta nilai kehilangan berat yang relatif besar. Kondisi tersebut membuktikan bahwa lingkungan yang mengandung ion klorida bersifat sangat agresif terhadap baja karbon dan dapat mempercepat terjadinya reaksi korosi.

Sebaliknya, pada spesimen baja karbon yang direndam dalam larutan NaCl 2,5% dengan penambahan ekstrak kulit manggis, laju korosi yang terjadi dapat ditekan secara signifikan. Kehilangan berat spesimen menjadi lebih kecil dan kondisi permukaan baja terlihat lebih baik dibandingkan dengan sampel tanpa inhibitor. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit manggis mampu membentuk perlindungan pada permukaan baja karbon sehingga menghambat kontak langsung antara logam dan lingkungan korosif.

Pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis juga terlihat jelas terhadap efektivitas penghambatan korosi. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, semakin besar penurunan laju korosi yang terjadi. Kondisi ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah senyawa aktif, seperti tanin, flavonoid, dan xanton, yang teradsorpsi pada permukaan baja karbon. Senyawa-senyawa tersebut membentuk lapisan pelindung yang stabil dan mampu menghambat reaksi elektrokimia penyebab korosi. Selain efektif dalam menurunkan laju korosi, ekstrak kulit manggis juga memiliki keunggulan dari sisi lingkungan dan ketersediaan bahan. Kulit manggis merupakan limbah alami yang mudah diperoleh dan belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, pemanfaatannya sebagai inhibitor korosi tidak hanya memberikan manfaat teknis dalam perlindungan logam, tetapi juga mendukung upaya pengurangan limbah dan penggunaan bahan yang lebih ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa ekstrak kulit manggis berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai inhibitor korosi alami pengganti inhibitor sintetis yang umumnya bersifat toksik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan serta membuka peluang penerapan ekstrak kulit manggis dalam skala yang lebih luas, khususnya pada sistem logam yang

beroperasi di lingkungan yang mengandung larutan garam.

Referensi

- [1] S. Sudarmadji, B. Haryono, and Suhardi, "Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian," *Yogyakarta Lib.*, pp. 101–115, 1997.
- [2] M. H. Muhammad Ikhwan Lubis, M. T. Lenny Herawati, S.T., A. Nelly Suryani, S.E., M.A.B., C. Yudha Witanto, S.T., M.T., MBB., M. S. Novianda, S.T., and M. T. Rahmat, S.T., *OTOMASI INDUSTRI Teknologi dan Implementasi*, 1st ed. Malang: Duta Technology, 2025. [Online]. Available: <https://penerbitdutatechnology.com/book/56>
- [3] Rahmat, D. A. Putra, and A. Hermawan, "Sustainable Urban Farming Rack Design Using Eco Friendly Materials with Variety Load," *JTEP J. Keteknikan Pertan.*, vol. 13, no. 4, pp. 576–594, 2025, doi: 10.19028/jtep.013.4.576-594.
- [4] S. S. A. El Rehim, M. A. M. Ibrahim, and K. F. Khaled, "The inhibition of corrosion of steel in acidic solutions by natural compounds," *J. Appl. Electrochem.*, vol. 31, pp. 429–435, 2001.
- [5] L. L. Shreir, R. A. Jarman, G. T. Burstein, and Corrosion, "Oxford: Butterworth-Heinemann," 2000, pp. 3:1–3:20.
- [6] A. G31, "Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals," *Conshohocken, PA ASTM Int.*, pp. 1–8, 2004.
- [7] D. R. Putra and P. Lestari, "Inhibitor korosi ramah lingkungan berbasis bahan alam," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 23, no. 1, pp. 33–41, 2021.
- [8] A. Kurniawan and E. Wibowo, "Efektivitas ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi," *J. Tek.*

Kim., vol. 14, no. 2, pp. 66–74, 2020.

[9] S. Handani and Y. Yetri, “Penggunaan inhibitor alami untuk menghambat korosi baja,” *J. Ris. Kim.*, vol. 9, no. 3, pp. 144–150, 2018.

[10] H. Suryanto and A. Nugroho, “Pengaruh larutan NaCl terhadap laju korosi baja karbon,” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 13, no. 1, pp. 21–28, 2017.

[11] R. Pradipta and J. P. Siregar, “Studi inhibitor korosi alami dari ekstrak tumbuhan,” *J. Tek. Mater.*, vol. 7, no. 2, pp. 85–92, 2015.

[12] S. A. Umoren and U. M. Eduok, “Application of plant extracts as corrosion inhibitors,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 140, pp. 314–341, 2016.

[13] P. B. Raja and M. G. Sethuraman, “Natural products as corrosion inhibitors,” *Mater. Lett.*, vol. 62, no. 1, pp. 113–116, 2008.

[14] C. Verma, E. E. Ebenso, and M. A. Quraishi, “Plant extracts as green corrosion inhibitors,” *J. Mol. Liq.*, vol. 273, pp. 603–624, 2018.

[15] L. T. Popoola, “Organic green corrosion inhibitors: A review,” *Corros. Rev.*, vol. 37, no. 2, pp. 71–102, 2019.

[16] Z. Ahmad, “Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control,” *Oxford: Butterworth-Heinemann*, pp. 60–90, 2006.

[17] P. R. Roberge, “Handbook of Corrosion Engineering,” *New York McGraw-Hill*, pp. 200–245, 2012.

[18] R. W. Revie and H. H. Uhlig, “Corrosion and Corrosion Control,” *New Jersey John Wiley Sons*, pp. 101–135, 2008.

[19] D. A. Jones, “Principles and Prevention of Corrosion,” *New Jersey Prentice Hall*, pp. 45–78, 1996.

[20] M. G. Fontana, “Corrosion Engineering. New York: McGraw-Hill,” pp. 1–25, 1986.