



## ANALYSIS OF MELINJO SEED EXTRACT AS CORROSION BIOINHIBITOR FOR FERROUS METALS

Zakky Mubarak and Retno Aliyatul Fikroh\*

Pendidikan Kimia, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Sunan Kalijaga, Sleman, Yogyakarta, 55281, Indonesia;

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 18 Jul 2024,

Revised 30 Aug 2024,

Accepted 02 Sep 2024,

Available online 30 Oct 2024,

#### Keywords:

- ✓ Melinjo seeds;
- ✓ Corrosion;
- ✓ Bioinhibitor;
- ✓ Maceration

\*corresponding author:

[retno.fikroh@uin-suka.ac.id](mailto:retno.fikroh@uin-suka.ac.id)

Phone: +62 858 0302 0852

<https://doi.org/10.31938/jsn.v14i3.741>

### ABSTRACT

The corrosion of ferrous metals is a serious issue that can reduce material durability and lead to significant economic losses. Melinjo seed extract was selected for investigation due to its potential as a corrosion inhibitor, attributed to the presence of tannin compounds capable of forming complexes that coat metal surfaces. This research aims to explore the use of melinjo seed extract as a bioinhibitor for iron, providing an effective and environmentally friendly solution. The extraction of melinjo seeds was performed using the maceration method. The melinjo seed extract was mixed with 70% ethanol to obtain an inhibitor solution. The study evaluated the corrosion rate and inhibition efficiency of iron immersed in melinjo seed extract solution at varying concentration. The results showed that melinjo seed extract has the potential to inhibit corrosion in iron. A higher concentration of melinjo seed extract correlated with a lower corrosion rate. The highest corrosion rate was  $6.7 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> day at 0% concentration. The lowest corrosion rate was  $1.6 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> day at a 15% concentration of melinjo seed extract. The optimum inhibition efficiency was achieved at the 15% concentration, which amounted to 76%. These results indicate that melinjo seed extract is an effective bioinhibitor for ferrous metal corrosion.

### Analisis Ekstrak Biji Melinjo Sebagai Bioinhibitor Korosi Pada Logam Besi

Korosi pada logam besi merupakan masalah serius yang dapat mengurangi ketahanan material dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Ekstrak biji melinjo dipilih karena berpotensi sebagai bahan penghambat korosi. Hal ini didasari adanya senyawa tanin yang mampu melapisi logam membentuk senyawa kompleks. Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan ekstrak biji melinjo sebagai bioinhibitor logam besi sebagai solusi efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode maserasi untuk mengekstrak biji melinjo. Ekstrak biji melinjo dicampur etanol 70% untuk memperoleh larutan inhibitor. Penelitian dilakukan dengan menguji laju korosi dan efisiensi inhibisi pada logam besi yang terendam dalam larutan ekstrak biji melinjo dengan berbagai variasi konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak biji melinjo memiliki potensi menghambat korosi pada logam besi. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak biji melinjo yang digunakan, semakin rendah laju korosi. Laju korosi tertinggi sebesar  $6,7 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari, pada konsentrasi 0%. Sedangkan laju korosi terendah sebesar  $1,6 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari, pada konsentrasi ekstrak biji melinjo tertinggi sebesar 15%. Efisiensi inhibisi optimum dicapai pada sampel dengan konsentrasi 15%, yaitu sebesar 76%. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak biji melinjo efektif digunakan sebagai bioinhibitor korosi pada logam besi.

Kata kunci: Biji melinjo; Korosi; Bioinhibitor, Maserasi

### PENDAHULUAN

Korosi menjadi permasalahan utama bagi infrastruktur dan peralatan berbahan dasar besi. Korosi terjadi akibat lingkungan dengan kelembaban yang tinggi sehingga terjadi reaksi elektrokimia pada logam dan lingkungan yang mengakibatkan penurunan kualitas sampai mengakibatkan kerusakan (Yuliyanti et al., 2019). Korosi hampir bisa merusak semua jenis logam seperti: besi, baja, dan kobalt, kecuali emas

dan perak. Reaksi korosi pada logam tidak dapat dihilangkan dengan mudah namun salah satu cara untuk mengatasi terjadinya adalah dengan menambahkan lapisan pencegah korosi pada permukaan logam (Dewi et al., 2022). Pengendalian laju korosi biasanya menggunakan inhibitor sintesis dari bahan asam stearat dan imidazolin, Liu et al (2007) menjelaskan tentang senyawa tersebut efektif untuk mengurangi laju korosi. Harga yang mahal serta bahan kimia sintesis berbahaya maka perlu adanya inhibitor



yang lebih ramah lingkungan dan murah (Purniawan, 2018). Salah satu bahan alam dapat menjadi inhibitor korosi adalah bahan alam yang mengandung senyawa tanin.

Tanin merupakan senyawa kimia polifenol alami yang banyak terdapat pada berbagai tumbuhan di Indonesia dengan struktur yang membentuk makromolekul dan gugus hidroksil (-OH), sehingga memiliki kemampuan sebagai bioinhibitor korosi pada logam (Rochmat et al., 2019). Sifat tanin dalam menyerap logam-logam berat, transisi, dan uranium menjadi penguat digunakannya sebagai bioinhibitor korosi (Suhaenah & Maryam, 2020). Kandungan tanin dapat ditemukan pada kulit kayu, daun, buah, kulit buah, biji, dan batang, seperti yang terdapat dalam daun jambu biji (Winahyu et al., 2019). Salah satu tanaman yang telah diteliti mengandung senyawa tanin adalah ekstrak biji melinjo. Selain biji, daun melinjo digunakan sebagai bioinhibitor karena kandungan taninnya (Tullatif, 2020).

Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) menjadi salah satu komoditas lokal di Indonesia yang cukup melimpah dan banyak dibudidayakan. Melinjo hanya diolah sebatas produk makanan dan belum ada keberagaman lanjutan dari pemanfaatan melinjo (Yulia et al., 2019). Penelitian Putri (2017) menjelaskan ekstrak daun melinjo dapat digunakan sebagai bioinhibitor korosi pada logam baja. Selain daun, kulit melinjo juga bisa menghambat laju korosi yang terjadi pada logam dalam larutan asam (Velly, 2018). Biji melinjo banyak mengandung senyawa antioksidan seperti flavonoid, tanin, alkaloid dan saponin (Khasitini et al., 2023). Biji melinjo yang telah diekstraksi menggunakan metode maserasi memiliki kadar tanin sebesar 9,08%, hasil ini lebih besar dari pada kulit melinjo yaitu 4,55% (Dewi et al., 2012; Lestari et al., 2013). Berdasarkan kadar tanin pada ekstrak biji melinjo tersebut menjadi dasar penggunaan inhibitor korosi alami.

Berdasarkan kandungan tanin dari biji melinjo, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis biji melinjo sebagai bioinhibitor korosi logam besi. Hasil penelitian ini berfokus pada pengaruh konsentrasi ekstrak biji melinjo yang telah dimaserasi dengan etanol terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi logam besi.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Sampel biji melinjo (*Gnetum gnemon* L.) dipilih dari buah melinjo berkulit berwarna jingga atau merah yang diperoleh dari petani yang ada di

daerah Sleman, Yogyakarta. Bahan kimia yang digunakan terdiri dari akuades, etanol 70% teknis, dan NaCl teknis. Alat yang digunakan adalah oven, ayakan 40 mesh, neraca analitik, *hair dryer*, amplas besi grit 500, gelas ukur 100 mL, gelas piala 100 mL.

### Metode

#### Preparasi Serbuk Biji Melinjo

Biji melinjo dibersihkan, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C. Biji melinjo yang sudah kering, diblender dan disaring menggunakan ayakan 40 mesh untuk mendapatkan serbuk biji melinjo yang halus.

#### Preparasi Benda Uji

Sebanyak 5 buah pelat besi dipotong berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 1,5 cm, dan lebar 0,5 cm. Permukaan pelat besi dihaluskan dengan amplas besi, dibiarkan kering di bawah sinar matahari. Pelat besi ditimbang menggunakan neraca analitik untuk memastikan massa awal.

#### Pembuatan Larutan Bioinhibitor

Ekstraksi dilakukan dengan metode perendaman. Pelarut yang digunakan ialah etanol 70%. Serbuk biji melinjo ditimbang dengan bobot: 0, 5, 10, 15, dan 20 gram, dan dituangkan 100, 95, 90, 85, dan 80 etanol 70% ke dalam gelas piala. Campuran didiamkan selama 1 hari.

#### Perendaman Benda Uji Dengan Larutan Bioinhibitor

Pelat besi sebanyak 5 buah dimasukkan ke dalam masing-masing gelas piala yang berisi campuran serbuk biji melinjo dan etanol 70%, didiamkan kembali selama 5 hari.

#### Preparasi Larutan Media Korosif

Gelas piala sebanyak 5 buah disiapkan. NaCl sebanyak 3 gram dilarutkan dalam air sampai volume 100 mL.

#### Pengujian Korosi

Pelat besi yang telah direndam dengan campuran serbuk biji melinjo dan etanol 70%, dimasukkan ke dalam gelas yang berisi larutan NaCl selama 2 hari. Selanjutnya, pelat besi diangkat dan dikeringkan menggunakan *hair dryer*. Pelat besi yang sudah kering ditimbang untuk mendapatkan massa akhir.

#### Pengujian Laju Korosi dan Efisiensinya

Pengujian laju korosi dihitung menggunakan rumus berikut:

$$r = \frac{W_o - W_f}{A \times t}$$

$W_o$  merupakan massa logam besi sebelum mengalami korosi,  $W_f$  adalah massa akhir setelah mengalami korosi,  $A$  adalah luas permukaan besi ( $\text{cm}^2$ ), dan  $t$  adalah waktu dalam satuan hari. Pengujian efisiensi inhibisi dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\%E = \frac{(r_1 - r_2)}{r_1} \times 100\%$$

$r_1$  adalah laju korosi tanpa penambahan inhibitor, dan  $r_2$  adalah laju korosi dengan perlakuan penambahan inhibitor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

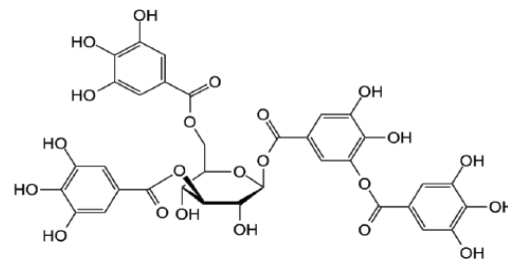
### Uji Korosi Logam Besi

Serbuk biji melinjo didapatkan dengan cara menggiling halus biji melinjo setelah dikeringkan di bawah sinar matahari. Proses penghalusan biji melinjo menjadi serbuk bertujuan untuk memperluas permukaan, sehingga senyawa didalamnya dapat diekstraksi dan larut lebih banyak pada pelarut. Lestrari et al. (2023) menjelaskan semakin kecil ukuran partikel bahan maka akan semakin mudah terdifusi pada pelarut sehingga meningkatkan efektivitas ekstraksi.

Maserasi dipilih karena memiliki cara kerja sederhana, sehingga mudah dilakukan. Selain itu, metode maserasi dilakukan tanpa menggunakan pemanasan. Sifat dari senyawa tanin dari biji melinjo akan rusak bila terkena suhu yang tinggi (Nisa et al., 2021). Maserasi menggunakan pelarut etanol 70% karena pelarut yang lebih polar terhadap senyawa tanin. Etanol 70% dipilih berdasarkan tingkat efektivitas polar terhadap terlarutnya tanin yang tinggi dibandingkan dengan etanol konsentrasi 96% dan 50%. Wahyudi & Minarsih (2023) menjelaskan bahwa ekstraksi jambu brazil menggunakan etanol 70% menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan etanol 95% dan 50%. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi etanol yang digunakan sebagai pelarut, semakin rendah tingkat kepolaran pelarut tersebut.

Ekstraksi biji melinjo dibuat menjadi tiga wadah berbeda dengan variasi massa serbuk biji melinjo dan satu wadah tanpa ekstraksi. Biji melinjo ditimbang sebanyak 5, 10, dan 15 gram dan dimasukkan ke dalam gelas piala. Etanol dimasukkan sebanyak 95, 90, dan 85 mL ke dalam

gelas piala yang berisi serbuk melinjo dan gelas piala tanpa ekstrak biji melinjo, etanol ditambahkan hingga 100 mL. Percobaan ini mengukur tingkat laju korosi dan efisiensi inhibisi pada sampel terhadap perbedaan konsentrasi biji melinjo. Pelat besi yang digunakan sebagai sampel percobaan dipotong dengan panjang 1,5 cm dan lebar 0,5 cm. Permukaan sampel diampelas sampai bagian luar besi memiliki permukaan yang sama. Pengampelasan sampel bertujuan untuk menghilangkan korosi dan pengotor pada permukaan besi yang bisa mempengaruhi laju korosi selama penelitian. Sampel yang telah diampelas dicuci bersih untuk menghilangkan pengotor yang tersisa kemudian dikeringkan menggunakan *hairdryer*. Setiap sampel besi di timbang menggunakan neraca analitik untuk menentukan massa awal. Massa awal sampel berturut-turut adalah  $6,642 \times 10^{-1}$ ;  $5,977 \times 10^{-1}$ ;  $6,006 \times 10^{-1}$ ; dan  $5,931 \times 10^{-1}$  gram. Sampel besi dimasukkan pada gelas yang berisi serbuk melinjo dan etanol.



Gambar 1. Struktur Senyawa Tanin  
Sumber: Hidjrawan (2020)

Maserasi akan mengekstrak tanin dalam biji melinjo dan larut dalam etanol sebagai larutan bioinhibitor yang akan melapisi permukaan sampel. Selama proses berlangsung, gelas piala ditutup menggunakan aluminium foil yang telah dilubangi. Hal ini bertujuan untuk mencegah adanya pengotor yang masuk ke dalam larutan dan etanol dapat menguap dengan mudah. Sampel dalam larutan didiamkan selama 5 hari. Laju korosi menurun ketika semakin tebal lapisan inhibitor yang terbentuk pada permukaan logam (Prameswari & Dahlan, 2021).

Sampel yang telah direndam dalam larutan bioinhibitor kemudian dimasukkan pada larutan NaCl sebagai media korosif. Larutan NaCl memiliki laju yang cepat dan sifat yang sangat korosif terhadap besi. Media korosif sampel dibuat dengan konsentrasi NaCl 3%. Sampel yang telah terlapis bioinhibitor direndam pada media korosif selama 2 hari. Berdasarkan penelitian Hartanto & Wicaksono (2018), benda uji yang direndam dalam larutan NaCl selama 2 hari

menunjukkan adanya laju korosi pada setiap permukaan. Semakin lama benda uji direndam dalam larutan NaCl, laju korosi pada benda uji dengan inhibitor semakin berkurang, sementara laju korosi pada benda uji tanpa inhibitor semakin meningkat.

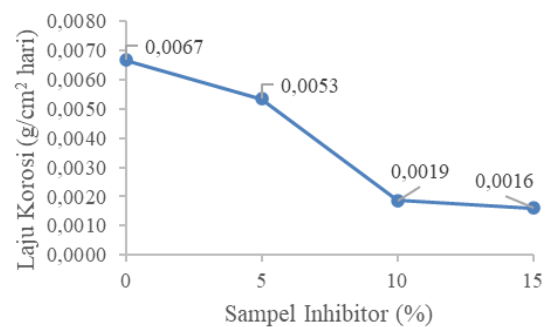
Hasil perendaman pada media korosif digunakan untuk menghitung laju korosi pada setiap sampel, sehingga dapat diketahui efektivitas bioinhibitor terhadap penghambatan laju korosi. Hasil penelitian diperoleh data massa awal, massa akhir pelat besi dan selisih massa. Berikut ini data massa hasil penelitian dalam Tabel 1.

### Laju Korosi Dan Efisiensi Inhibisi

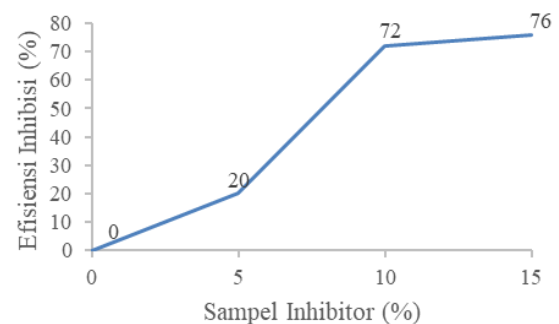
Data hasil penelitian diperoleh laju korosi pada setiap sampel dengan perbedaan konsentrasi bioinhibitor biji melinjo setelah direndam pada larutan NaCl selama 2 hari. Sampel pertama dengan konsentrasi bioinhibitor 0% dihasilkan laju korosi  $6,7 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari dengan permukaan sampel hampir seluruhnya tertutup dengan korosi berwarna kecoklatan. Sampel kedua, konsentrasi 5% dengan laju korosi sebesar  $5,3 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari menunjukkan permukaan korosi dengan warna merah kecoklatan. Sampel ketiga pada konsentrasi 10% menunjukkan laju korosi sebesar  $1,9 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari dengan warna coklat hanya terjadi pada pinggir permukaan sampel. Pada sampel keempat, konsentrasi ekstrak biji melinjo 15% menghasilkan laju korosi yang rendah yaitu  $1,6 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari dengan sedikit bagian yang terkena korosi berwarna coklat kekuningan akibat perendaman dengan larutan NaCl 3%. Berikut hubungan konsentrasi bioinhibitor biji melinjo dengan laju korosi yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inhibitor maka laju korosi semakin menurun dan konsentrasi optimum

dalam menghambat laju korosi terdapat pada konsentrasi bioinhibitor 15% dengan laju korosi  $1,6 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari. Pengaruh hasil laju korosi karena lapisan inhibitor atau senyawa tanin telah hampir menutup seluruh permukaan sampel. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak biji melinjo dalam larutan bioinhibitor maka laju korosi semakin menurun. Hal ini terjadi karena tanin mengandung gugus fenolik yang dapat membentuk garam taninat dengan ion Fe<sup>+3</sup>. Dalam proses inhibisi korosi, tanin berperan membentuk jaringan garam ferri taninat yang melapisi dan melindungi permukaan besi (Jufri et al., 2022).



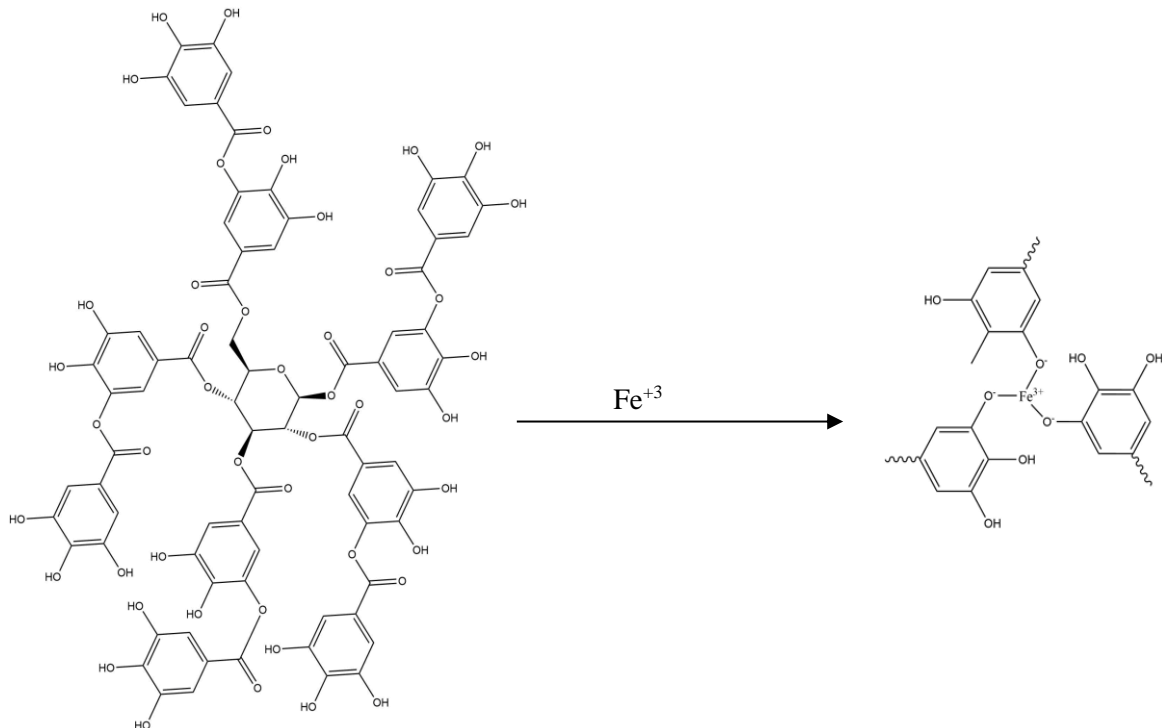
Gambar 2. Grafik Hubungan Laju Korosi dengan Konsentrasi Inhibitor



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Inhibitor dengan Efisiensi Inhibisi

Tabel 1. Hasil Selisih Massa Plat Besi pada Perendaman Larutan Bioinhibitor Selama 5 Hari

Sampel (% m/v)	Massa awal (g)	Massa Akhir (g)	Selisih (g)
0	$6,642 \times 10^{-1}$	$6,617 \times 10^{-1}$	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$5,977 \times 10^{-1}$	$5,597 \times 10^{-1}$	$2,0 \times 10^{-2}$
10	$6,006 \times 10^{-1}$	$5,999 \times 10^{-1}$	$7 \times 10^{-3}$
15	$5,5931 \times 10^{-1}$	$5,925 \times 10^{-1}$	$6 \times 10^{-3}$

Gambar 4. Reaksi Senyawa Kompleks Tanin dengan  $Fe^{+3}$ 

Sumber: Rochmat, et al. (2019)

Laju korosi dari setiap sampel yang telah diperoleh, dihitung efisiensi inhibitorynya. Efisiensi inhibitor ditentukan dengan membandingkan selisih antara laju korosi tanpa inhibitor dan laju korosi dengan inhibitor, kemudian dibagi dengan laju korosi tanpa inhibitor (Mulyaningsih et al., 2019). Hal ini diperlukan untuk melihat pengaruh perbedaan konsentrasi dalam menghambat laju korosi pada besi. Pada Gambar 3 menunjukkan hasil efisiensi inhibisi percobaan pada sampel yang dimasukan pada larutan bioinhibitor 0, 5, 10, dan 15% berturut-turut adalah 0, 20, 72, dan 76%. Efisiensi inhibitor tertinggi dihasilkan dari sampel dengan konsentrasi larutan 15% sebesar 76%. Hasil ini diperoleh dengan perendaman sampel dalam larutan korosif selama 2 hari.

Laju korosi dari senyawa tanin biji melinjo menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian Mukoningah et al. (2022) yang menguji tanin daun pepaya yang menunjukkan penurunan laju korosi pada setiap konsentrasi sampel ditambahkan. Efisiensi inhibisi senyawa tanin biji melinjo lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Mukoningah et al. (2022) pada konsentrasi 15% dengan selisih 12%. Hasil efisiensi inhibisi senyawa tanin biji melinjo juga lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa tanin pada daun jambu. Penelitian Dewi et al. (2022) menunjukkan hasil sebesar 71,43%. Konsentrasi inhibitor yang

semakin tinggi mengakibatkan laju korosi semakin kecil dan efisiensi inhibitor semakin besar yang ditandai dengan berkurangnya warna kecoklatan akibat korosi yang terdapat pada sampel semakin sedikit (Sitepu et al., 2021). Berikut ini gambar hasil korosi yang terjadi pada logam besi yang telah dilapisi bioinhibitor tanin biji melinjo.



Gambar 5. Korosi pada Logam Besi

Pada Gambar 5 sampel plat besi yang telah dilapisi dengan larutan bioinhibitor dan melalui perendaman pada larutan NaCl 3% mengalami korosi dengan perubahan warna menjadi coklat kehitaman serta permukaan yang mudah terkikis. Korosi besi dapat dikenali melalui empat karakteristik warna. Warna kuning kehijauan hingga endapan hijau kotor disebabkan oleh jenis karat  $Fe(OH)_2$ , warna merah kecoklatan oleh karat  $Fe(OH)_3$  dan  $FeOOH$ , warna coklat kehitaman oleh karat  $Fe_3O_4$ , dan warna kuning oleh karat yang mengandung ion  $Fe^{3+}(Cl)$ .

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan ekstrak biji melinjo dapat digunakan sebagai bioinhibitor korosi besi. Kandungan tanin dalam biji melinjo dapat melapisi permukaan besi sehingga mampu menghambat laju korosi dengan efisiensi inhibitor yang tinggi. Semakin tinggi konsentrasi biji melinjo, maka semakin rendah laju korosi yang terjadi. Laju korosi tertinggi  $6,7 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari dan terendah  $1,6 \times 10^{-2}$  g/cm<sup>2</sup> hari. Efisiensi inhibisi tertinggi dihasilkan dari sampel dengan konsentrasi ekstrak biji melinjo 15% sebesar 76%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, C., Utami, R., & Parnanto, N. H. R. (2012). Aktivitas Antioksidan Dan Antimikroba Ekstrak Melinjo (*Gnetum gnemon* L.). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 5(2).
- Dewi, S. S., Fikroh, R. A., & Mukoningah, F. (2022). Potensi Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Alternatif Inhibitor Korosi Besi Untuk Pembelajaran Kimia Kontekstual. *JUPI (Jurnal IPA & Pembelajaran IPA)*, 6(3), 257–272. <https://doi.org/10.24815/jupi.v6i3.26001>
- Hartanto, S., & Wicaksono, M. A. (2018). Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* Linn.) Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Dalam Media 3% NaCl. *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 2(1), 7–11. <http://dx.doi.org/10.31543/jtm.v2i1.60>
- Hidjrawan, Y. (2020). Identifikasi Senyawa Tanin Pada Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). *Jurnal Optimalisasi*, 4(2), 78–82. <https://doi.org/10.35308/jopt.v4i2.1475>
- Jufri, M., Surya, I., Saifullah, A., Suwarsono, S., Hendaryati, R. H., & Sudarman, S. (2022). Ekstrak Daun Kaliandra Sebagai Inhibitor Alami Laju Korosi ST-37. *ROTOR*, 15(1), 32–36. <https://doi.org/10.19184/rotor.v15i1.30581>
- Khastini, R. O., Purwasi, R., Athaya, R. P., & Widiya, Y. (2023). Potensi Tanaman Melinjo Sebagai Antibakteri Alami Terhadap Bakteri Patogen. 6(2). <https://doi.org/10.30743/best.v6i2.7215>
- Lestari, S., Malaka, R., & Garantjang, S. (2013). Pengawetan Telur Dengan Perendaman Ekstrak Daun Melinjo (*Gnetum gnemon* Linn). *Jurnal Sains & Teknologi*, 13(2), 184–189.
- Lestrari, N. W., Suswiantoro, V., Karim, D. D. A., & Putri, D. K. (2023). Skrining Fitokimia Dan Uji Sifat Fisik Formulasi Gel Ekstrak Etanolik Daun Sambiloto (*Andrographis paniculata*). *Journal Pharmacy Aisyah*, 2(2), 99–114.
- Liu, X., Chen, S., Tian, F., Ma, H., Shen, L., & Zhai, H. (2007). Studies Of Protection of Iron Corrosion by Rosin Imidazoline Self-Assembled Monolayers, *Interfaces and Thin Films*, 39(4), 317–323. <http://dx.doi.org/10.1002/sia.2497>
- Mukoningah, F., Fikroh, R. A., & Dewi, S. S. (2022). Experiment Design Analysis of Corrosion Inhibitor from Papaya Leaf Extract for Contextual Chemistry Learning. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 7(2). <https://dx.doi.org/10.30870/educhemia.v7i2.15063>
- Mulyaningsih, N., Mujiarto, S., & Ubaydillah, G. (2019). Pengaruh Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), 36–42. <https://doi.org/10.31002/jom.v3i1.1523>
- Nisa, K. F., Nurcahyo, H., & Barlian, A. A. (2021). Pengembangan Senyawa Antosianin Dari Ekstrak Kulit Melinjo Merah (*Gnetum gnemon* L.) sebagai Pewarna Alami Tekstil. Politeknik Harapan Bersama. Tegal, Jawa Tengah.
- Prameswari, A., & Dahlan, D. (2021). Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium juajava*) sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 479–485. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.4.479-485.2021>
- Purniawan, A. (2018). Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulitbuah Jeruk Dan Kulitbuah Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon Dalam Media NaCl 3,5%. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(1), 29–33.

- <http://dx.doi.org/10.17146/jsmi.2015.17.1.4199>
- Putri, U. (2017). Ekstrak Daun Melinjo (*Gnetum Gnemon* Linn.) Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Dalam Larutan Asam. *Universitas Andalas*.  
<http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/24527>
- Rochmat, A., Liantony, G., & Septiananda, Y. D. (2019). Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang Sebagai Inhibisi Korosi Pada Baja Mild Steel Dalam Pipeline. *Jurnal Integrasi Proses*, 8(1), 45–50.  
<https://dx.doi.org/10.36055/jip.v8i1.5601>
- Sitepu, H. S., Priyotomo, G., & Dwiyantri, Y. (2021). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Talas Terhadap Laju Korosi Pada Baja Api 51 X-52 Dengan Media Korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0, 5 M. *Jurnal Furnace*, 4(1), 1–7.  
<https://dx.doi.org/10.36055/furnace.v4i1.12052>
- Suhaenah, A., & Maryam, S. (2020). Potensi Daun Puring (*Codiaeum variegatum*) Dalam Menyerap Logam Timbal (Pb) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 12(1), 42–48.  
<https://doi.org/10.56711/jifa.v12i1.613>
- Tullatif, A. (2020). Mempelajari Senyawa Mirisitrin Dengan Penambahan Substituen NH<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan CH<sub>3</sub> Sebagai Inhibitor Korosi Menggunakan Metode *Density Functional Theory* (DFT). *Chempublish Journal*, 5(2), 166–178.  
<https://doi.org/10.22437/chp.v5i2.11347>
- Velly, Y. (2018). Efek Sinergetik Ion Iodida Terhadap Inhibisi Korosi Baja Dengan Ekstrak Kulit Buah Melinjo (*Gnetum Gnemon* L) Dalam Larutan Asam Klorida. *Universitas Andalas*. Padang, Sumatera Barat.
- Wahyudi, A. T., & Minarsih, T. (2023). Pengaruh Ekstraksi dan Konsentrasi Etanol terhadap Kadar Flavonoid Total dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Jahe Emprit (*Zingiber officinale* var. *amarum*). *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, 6(01), 30–38.  
<https://doi.org/10.35473/ijpnp.v6i01.2208>
- Winahyu, D. A., Retnaningsih, A., & Aprillia, M. (2019). Penetapan Kadar Flavonoid Pada Kulit Batang Kayu Raru (*Cotylelobium melanoxylon* P) Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Analisis Farmasi*, 4(1).
- Yulia, R., Hidayat, A., Amin, A., & Sholihati, S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi terhadap Kadar Air, Kadar Protein dan Organoleptik pada Tempe dari Biji Melinjo (*Gnetum gnemon* L). *Rona Teknik Pertanian*, 12(1), 50–60.  
<https://doi.org/10.17969/rtp.v12i1.13287>
- Yulliyanti, W., Susanty, D., & Wahyono, W. (2019). Perbandingan Laju Korosi Pada Material Steel Plate Cold Coil (Spcc) Yang Dilapisi Cat Dengan Resin Yang Berbeda. *Jurnal Sains Natural*, 6(1), 16.  
<https://doi.org/10.31938/jsn.v6i1.251>