



Penurunan laju korosi logam aluminium, besi dan baja menggunakan inhibitor ekstrak daun jambu biji

Mutiah Lubis*, Masthura, Miftahul Husnah

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan, Indonesia
 Email: mutiahlubis0104@gmail.com

* Penulis korespondensi

Informasi artikel

Sejarah artikel:
 Dikirim 07/12/22
 Revisi 14/04/23
 Diterima 25/06/23

Kata kunci:

Daun Jambu Biji
 Laju Korosi
 Logam
 NaCl 3,5%

ABSTRAK

Korosi merupakan peristiwa yang tidak dapat kita hindari, namun prosesnya dapat ditunda. Aluminium, besi, dan baja merupakan jenis logam yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan rentan korosi. Salah satu cara efektif mengurangi laju korosi adalah menggunakan inhibitor organik karena bersifat *biodegradable*. Penelitian ini menggunakan ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor korosi pada media korosif dalam larutan NaCl 3,5%. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh dan efisiensi penambahan inhibitor pada media korosif aluminium, besi, dan baja. Metode *Weight Loss* digunakan untuk menentukan nilai laju korosi dengan cara merendam sampel dalam larutan NaCl 3,5% dan media korosif selama enam hari. Pemeriksaan struktur permukaan logam menggunakan alat metalografi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji dapat menghambat laju korosi logam. Laju korosi terkecil pada aluminium, besi, dan baja terdapat pada penambahan inhibitor 20% yaitu 11,24 mpy, 9,15 mpy, dan 7,31 mpy. Peningkatan konsentrasi inhibitor menyebabkan peningkatan efisiensi inhibitor korosi yang dibuktikan menurunnya nilai laju korosi pada logam. Pengujian mikrostruktur menunjukkan korosi pada permukaan logam berkurang dan hampir tidak terlihat dengan penambahan inhibitor 20%.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



Keywords:

Atomic and Nuclear Physics
 Learning module
 Zeeman effect
 ADDIE model

ABSTRACT

Decreasing the corrosion rate of aluminium, iron and steel using guava leaf extract inhibitors. Corrosion is an event that we cannot avoid, but the process can be delayed. Aluminum, iron, and steel are types of metal that are often used in everyday life and are susceptible to corrosion. One effective way to reduce the corrosion rate is to use organic inhibitors because they are biodegradable. This research uses guava leaf extract as a corrosion inhibitor in corrosive media in a 3.5% NaCl solution. This research aims to determine the effect and efficiency of adding inhibitors to corrosive aluminum, iron, and steel media. The Weight Loss method was used to determine the corrosion rate value by immersing the sample in 3.5% NaCl solution and corrosive media for six days. Examination of metal surface structures using metallography tools. The research results show that guava leaf extract can inhibit the rate of metal corrosion. The lowest corrosion rates for aluminum, iron, and steel were found with the addition of 20% inhibitor, namely 11.24 mpy, 9.15 mpy, and 7.31 mpy. Increasing the inhibitor concentration causes an increase in the efficiency of the corrosion inhibitor, as evidenced by a decrease in the corrosion rate value of the metal. Microstructural testing showed that corrosion on the metal surface was reduced and almost invisible with the addition of a 20% inhibitor.

How to Cite:

Lubis, M., Masthura, & Husnah, M. (2023). Penurunan laju korosi logam aluminium, besi dan baja menggunakan inhibitor ekstrak daun jambu biji. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran Dan Aplikasinya*, 14(2), 63–71. <https://doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v14i2.25333>

Pendahuluan

Korosi merupakan reaksi logam dengan lingkungan yang mengakibatkan degradasi logam akibat serangan kimia. Lingkungan yang dimaksud adalah air, larutan asam, larutan basa, udara, air garam, dan media korosi lainnya. Lingkungan ini rentan terhadap kejadian korosi (Aprilliani et al., 2017). Proses korosi melibatkan dua reaksi kimia yaitu reaksi reduksi dan oksidasi. Hampir semua logam yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari sangat rentan terhadap korosi, antara lain struktur jembatan, rangka mobil, peralatan rumah tangga, peralatan kesehatan, peralatan pabrik petrokimia, dan kapal laut (Hartanto & Wicaksono, 2018)

Besi merupakan logam yang paling mudah terkorosi karena mempunyai nilai potensial reduksi negatif (Sudiarti et al., 2018). Baja merupakan material yang paling banyak digunakan dalam industri. Namun baja sangat mudah terkorosi karena merupakan campuran besi dan karbon (Nurhayati et al., 2020). Selain besi dan baja, aluminium juga merupakan logam yang sering digunakan dalam berbagai kegiatan industri karena sifatnya yang ringan, padat, dan merupakan penghantar listrik yang baik (Lestari et al., 2018). Pencegahan dan pengendalian korosi dapat dilakukan dengan menggunakan inhibitor organik (Stiadi et al., 2019)

Inhibitor merupakan zat yang keberadaannya pada suatu lingkungan dapat menurunkan laju korosi pada logam (Gapsari, 2017). Inhibitor organik merupakan inhibitor yang berasal dari bahan alami yang terdapat di alam. Inhibitor organik sangat efektif digunakan karena bersifat *biodegradable*. Inhibitor organik juga memiliki sifat tidak beracun dan dapat diperbarui (Utomo et al., 2019). Beberapa senyawa organik seperti tanin, alkaloid, saponin, pigmen asam amino, dan protein dapat ditemukan pada ekstrak tumbuhan yang dapat menurunkan laju korosi (Alexander & Tambun, 2021)

Tanin berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menghambat dan mencegah proses korosi karena mengandung unsur N, P, O, S dan pasangan elektron bebas (Aprilliani et al., 2017). Senyawa ini akan teradsorpsi pada permukaan logam kemudian membentuk senyawa aktif yang akan mencegah terjadinya korosi dan menyebabkan laju korosi menurun (Stiadi et al., 2019). Daun jambu biji (*Psidium guajava*, Linn) merupakan salah satu contoh tumbuhan yang mengandung tanin (Hartanto & Wicaksono, 2018).

Daun jambu biji mengandung tanin dan zat penyamakan (*psiditanin*) 12-18%, sekitar 9% (Mulyaningsih et al., 2019). Kandungan tanin pada jambu biji membuat tanaman ini dapat digunakan sebagai inhibitor untuk menurunkan laju reaksi korosi pada logam (Hartanto & Wicaksono, 2018). Lestari dkk. (2018) melakukan percobaan pada logam aluminium dengan menggunakan inhibitor ekstrak daun *caramunting* dan larutan NaOH sebagai media korosif. Logam aluminium yang digunakan sebagai sampel direndam dalam larutan NaOH 1 M dengan ekstrak daun *caramunting* 20 ppm (*part per million*) dan direndam selama 5, 15, 30, 45, dan 60 menit. Hasil penelitian diperoleh nilai laju korosi aluminium sebelum penambahan inhibitor dengan variasi waktu masing-masing sebesar 0,047, 0,0598,

0,0719, 0,0786, dan 0,0688 g/cm.menit. Sedangkan laju korosi pada aluminium setelah penambahan inhibitor sebesar 0,0356, 0,0465, 0,0536, 0,0757, dan 0,0658 g/cm.menit dengan daya hambat sebesar 24,26%, 22,27%, 25,44%, 3,65%, dan 1,23%. Dengan demikian, adanya inhibitor dari ekstrak daun *caramunting* menyebabkan laju korosi aluminium yang direndam dalam larutan NaOH 1 M menjadi lebih lambat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan inhibitor pada media korosif pada logam aluminium, besi, dan baja dengan lama perendaman 6 hari.

Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun jambu biji, logam aluminium, besi dan baja dalam bentuk pelat, *Aquadest*, etanol, dan larutan NaCl 3,5%. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, timbangan elektronik, *erlenmeyer*, kertas saring, spatula, gunting, *blender*, corong, gelas kimia, gelas ukur, cawan petri, pipet, botol jar, penampi, *metalograf*, *rotary evaporator*, dan jangka sorong.

Logam Aluminium, Besi, dan Baja dipotong dengan ukuran 5 cm × 3 cm dengan ketebalan 1 mm. Kemudian potongan logam dibersihkan menggunakan air suling sebelum dilakukan pengujian untuk menghilangkan kotoran pada logam. Setelah itu logam dikeringkan dan ditimbang menggunakan timbangan elektronik untuk mengetahui massa awal logam.

Sampel aluminium, besi, dan baja yang diketahui massanya direndam terlebih dahulu dalam campuran NaCl 3,5% dan 50 ml inhibitor. Variasi inhibitor yang digunakan adalah 0%, 10%, dan 20% dari jumlah total larutan yang dicampur, dengan lama perendaman yang bervariasi selama enam hari. Setelah waktu perendaman, logam dihilangkan, dan struktur mikro permukaan logam diuji menggunakan alat metalografi.

Setelah pengujian struktur mikro logam selesai, logam dibersihkan, dan kotoran-kotoran yang menempel pada logam dihilangkan. Kemudian logam tersebut ditimbang untuk mendapatkan massa akhir logam tersebut. Setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai laju korosi pada logam dengan menggunakan metode *Weight loss*, dan digunakan rumus pada persamaan 1 (Purnomo & Marlianto, 2020).

$$CR = \frac{k \cdot \Delta W}{\rho \cdot A \cdot t} \quad (1)$$

Dimana *CR* adalah laju korosi dalam satuan mpy (*mills per years*), *k* adalah konstanta korosi, ΔW adalah massa logam yang hilang (massa awal logam – massa akhir logam) dalam gram. ρ adalah nilai massa jenis logam, *A* adalah luas permukaan logam dalam satuan cm², dan *t* adalah lamanya logam direndam dalam satuan jam. Setelah diperoleh nilai laju korosi, selanjutnya dihitung efisiensi inhibitor menggunakan rumus pada persamaan (2) (Harahap & Marlianto, 2019).

$$E = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana E adalah efisiensi inhibitor dengan satuan persen, X_a adalah nilai laju korosi tanpa inhibitor dengan satuan mpy (*mills per years*) dan X_b adalah nilai laju korosi dengan inhibitor dengan satuan mpy (*mills per years*).

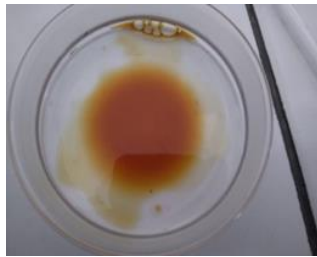
Tabel 1. Klasifikasi tingkat kelayakan (Oktova & Jati, 2023)

No.	Interval Nilai (P)	Tingkat Kelayakan
1	76 – 100%	Sangat Layak
2	51 – 75%	Layak
3	26 – 50%	Kurang Layak
4	0 – 25%	Tidak Layak

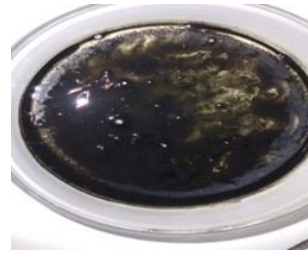
Hasil dan Pembahasan

Uji Identifikasi Tanin

Pada percobaan ini digunakan larutan FeCl_3 5% yang memberikan warna hijau kehitaman. Hasil percobaan menunjukkan ekstrak daun jambu biji mengandung tanin dengan melihat perubahan warna yang terjadi pada ekstrak daun jambu biji pada Gambar 1. Perubahan warna terjadi karena adanya reaksi pembentukan senyawa kompleks antara inti fenolitik tanin dengan ion Fe^{3+} memberikan senyawa kompleks yang berwarna (Ulikaryani et al., 2022).



(a)



(b)

Gambar 1. Ekstrak Daun Jambu Biji: (a).Tanpa larutan FeCl_3 5% dan (b) Ditambah larutan FeCl_3 5%.

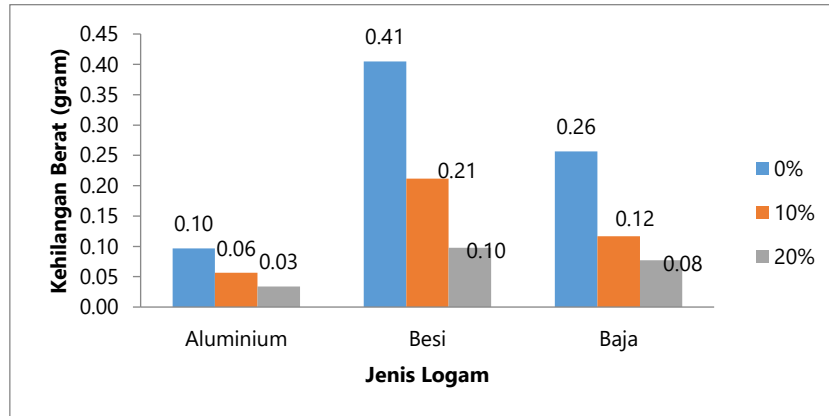
Pengujian Laju Korosi

Penelitian ini menggunakan ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor korosi dan larutan NaCl 3,5% sebagai lingkungan korosif. Rendam logam selama enam hari dalam lingkungan korosif untuk melihat proses korosinya. Penambahan inhibitor pada media korosi dilakukan pada konsentrasi 0%, 10%, dan 20% dari media korosi yang digunakan. Untuk menghitung nilai laju korosi digunakan rumus pada Persamaan 1.

Tabel 1. Data Laju Korosi

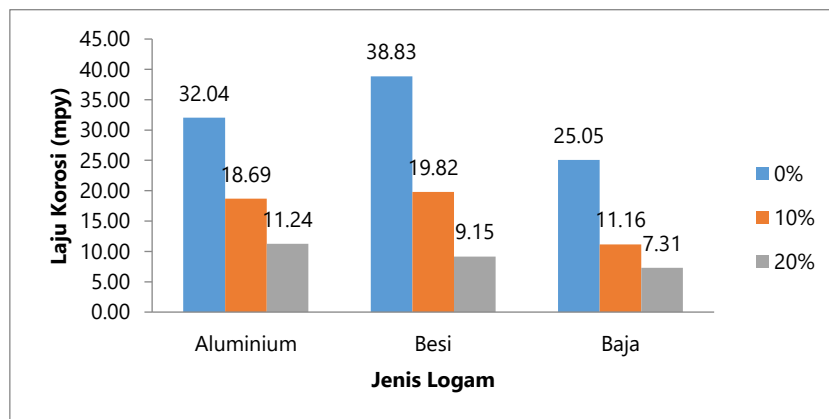
Bahan	Konsentrasi Inhibitor	Massa yang hilang (gram)	Laju Korosi (mpy)
Aluminium	0%	0,10	32,04
	10%	0,06	18,69
	20%	0,03	11,24
Besi	0%	0,41	38,83
	10%	0,21	19,82
	20%	0,10	9,15
Baja	0%	0,26	25,05
	10%	0,12	11,15
	20%	0,08	7,31

Dari Tabel 1, dapat dibuat Hubungan antara massa logam yang hilang seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram massa logam yang hilang

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak inhibitor yang ditambahkan ke dalam larutan korosi, semakin sedikit massa logam yang hilang. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor bekerja pada logam untuk mencegah terjadinya korosi, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram penurunan laju korosi pada logam

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin banyak inhibitor yang ditambahkan, maka laju korosi logam akan menurun. Gambar 3 menunjukkan bahwa logam besi mempunyai laju korosi paling tinggi bila tidak ditambahkan inhibitor yaitu sebesar 38,83 mpy. Besi mempunyai laju korosi yang paling tinggi karena besi merupakan logam yang paling mudah berkarat menurut unsur Fe yang terletak di sebelah kiri pada deret volta, sehingga sangat mudah teroksidasi.

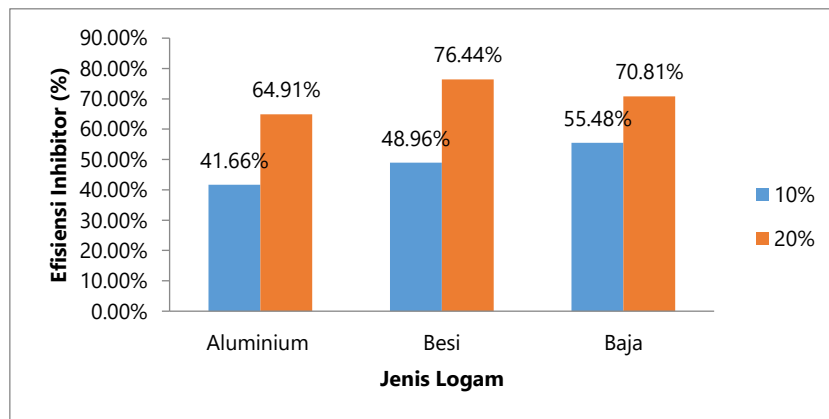
Inhibitor membentuk lapisan tipis pada permukaan logam. Hal ini terjadi karena jumlah adsorpsi dan luas inhibitor pada logam meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor (Andira et al., 2022). Lapisan ekstrak daun jambu biji yang terbentuk sempurna melapisi permukaan logam. Sedangkan konsentrasi inhibitor yang rendah tidak dapat melapisi permukaan logam secara sempurna sehingga pada pengujian laju korosi menyebabkan ikatan logam menjadi lemah dan ion hidrogen dalam larutan berkurang. Kemudian logam menyerap molekul hidrogen yang terbentuk dan meningkatkan laju korosi (Sa'diyah et al., 2022).

Efisiensi Inhibitor

Perhitungan nilai efisiensi inhibitor digunakan untuk melihat efektivitas inhibitor dalam menurunkan laju korosi pada logam. Data perhitungan efisiensi inhibitor dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4. Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan nilai efisiensi inhibitor terbaik ketika inhibitor 20% ditambahkan ke dalam larutan korosi. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada logam besi yaitu sebesar 76,44%. Besi merupakan logam yang paling mudah berkarat, sehingga inhibitor efektif mengurangi laju korosi pada logam tersebut. Hal ini disebabkan terbentuknya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sebagai zat korosif yang dapat menutupi permukaan pelat logam sehingga membentuk lapisan pasif pada sisi katodik dan mempengaruhi reaksi reduksi katoda. Jika reaksi di katoda terhambat maka reaksi oksidasi pelat logam di anoda juga akan terhambat (Andira et al., 2022).

Tabel 3. Nilai Efisiensi Inhibitor

Bahan	Konsentrasi Inhibitor	Efisiensi Inhibitor (%)
Aluminium	0%	-
	10%	41,66%
	20%	64,91%
Besi	0%	-
	10%	48,96%
	20%	76,44%
Baja	0%	-
	10%	55,48%
	20%	70,81%



Gambar 4. Diagram Efisiensi Inhibitor

Pengamatan Mikrostruktur

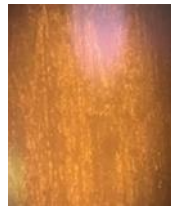
Pengamatan Mikrostruktur dilakukan setelah perendaman selesai dengan menggunakan *Metalografi*. Hasil Pengamatan *Metalografi* terhadap pada jenis logam dapat dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7.

Dalam Gambar 5, terdapat bercak warna berbeda pada logam aluminium dengan komposisi inhibitor 0%. Bintik-bintik putih yang tersebar pada permukaan logam menandakan terjadinya korosi akibat interaksi dengan media korosi NaCl 3,5%. Pada logam aluminium dengan komposisi inhibitor 10%, bintik putih yang terdapat lebih sedikit, dan terlihat lapisan hitam pada permukaan logam,

menandakan bahwa inhibitor menempel pada permukaan logam. Bila menggunakan inhibitor 20%, lapisan hitam pada permukaan logam lebih besar, dan bentuk korosi lebih sedikit.

Pada Gambar 6, Logam besi dengan komposisi inhibitor korosi 0% hampir menutupi seluruh permukaan logam besi. Bila konsentrasi inhibitor 10%, hanya terbentuk sedikit korosi, dan terdapat lapisan hitam pada permukaan logam, yang menandakan bahwa inhibitor menempel pada permukaan logam. Bila menggunakan inhibitor 20%, lapisan hitam hampir menutupi seluruh permukaan logam, sedangkan korosi yang terbentuk lebih kecil dan hampir tidak ada.

Pada Gambar 7, logam baja dengan konsentrasi inhibitor 0%, terbentuk korosi merata pada seluruh permukaan logam. Pada logam dengan komposisi inhibitor 10%, bentuk korosi lebih sedikit, dan lapisan hitam pada permukaan logam menempel pada permukaan logam. Bila menggunakan inhibitor 20% maka lapisan hitam yang menutupi permukaan logam bertambah dan ukuran korosi yang terbentuk menjadi lebih kecil.



(a). konsentrasi inhibitor 0%

(b). konsentrasi inhibitor 10%

(c). konsentrasi inhibitor 20%

Gambar 5. Hasil pengamatan mikrostruktur pada logam Aluminium



(a). konsentrasi inhibitor 0%

(b). konsentrasi inhibitor 10%

(c). konsentrasi inhibitor 20%

Gambar 6. Hasil pengamatan mikrostruktur pada logam Besi



(a). konsentrasi inhibitor 0%

(b). konsentrasi inhibitor 10%

(c). konsentrasi inhibitor 20%

Gambar 7. Hasil pengamatan mikrostruktur pada logam Baja

Semakin banyak inhibitor yang menempel pada permukaan logam menandakan bahwa korosi yang terbentuk pada logam tersebut juga semakin berkurang. Inhibitor menghambat proses korosi dengan cara adsorpsi, membentuk lapisan tipis yang melindungi logam yang terkorosi. Pada penelitian

ini, inhibitor bekerja paling efektif pada logam besi. Hal ini terlihat pada logam besi dengan penambahan inhibitor 20%. Korosi pada permukaan logam hampir tidak ada, dan inhibitor melindungi hampir seluruh permukaan logam.

Tanin membentuk senyawa kompleks dengan ion besi menjadi Fe-tanat. Asam tanat mempercepat korosi dengan menurunkan pH dan membentuk kompleks yang menempel pada permukaan logam (Dahemat et al., 2019). Terjadi proses oksidasi dari Fe menjadi Fe^{2+} , kemudian Fe^{3+} dibentuk oleh oksigen. Fe^{3+} tereduksi menjadi ion Fe^{2+} dengan logam besi di dalam pori-pori sehingga terjadi perubahan warna pada permukaan logam (Rochmat et al., 2019).

Teradsorbsinya senyawa ekstrak pada logam terjadi akibat adanya peristiwa pengisian elektron dari senyawa ekstrak yang kaya elektron pada orbital kosong Fe pada pelat logam, sehingga membuat Fe lebih stabil, tidak mudah untuk teroksidasi dan membuat permukaan logam terlapsi dan terhalangi dari serangan ion Cl^- dan molekul H_2O yang dapat menyebabkan korosi (Saefuloh et al., 2021). Semakin banyak ekstrak yang melekat pada permukaan logam, proses korosi yang terjadi juga akan semakin kecil (Aprianti, 2021).

Simpulan

Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji mengandung tanin karena dapat menghambat korosi pada logam aluminium, besi, dan baja. Nilai laju korosi logam aluminium dengan penambahan inhibitor 0%, 10%, dan 20% adalah 32,04 mpy, 18,69 mpy, dan 11,24 mpy. Nilai laju korosi logam besi sebesar 38,83 mpy, 19,82 mpy, dan 9,15 mpy. Sedangkan nilai laju korosi pada logam baja sebesar 25,05 mpy, 11,15 mpy, dan 7,31 mpy.

Pada perhitungan nilai efisiensi inhibitor pada logam aluminium, besi, dan baja diperoleh hasil bahwa inhibitor bekerja paling efektif pada logam besi dengan nilai efisiensi inhibitor sebesar 76,44% dengan penambahan inhibitor sebesar 20%. Inhibitor yang paling efektif menurunkan laju korosi pada besi karena besi merupakan logam yang sangat mudah terkorosi karena mudah melepaskan elektron sehingga menyebabkan inhibitor bekerja lebih baik dalam menurunkan laju korosi pada logam besi.

Jika mengamati struktur mikro menggunakan metalografi, terlihat bahwa korosi yang terjadi pada logam lebih sedikit ketika semakin banyak inhibitor yang ditambahkan pada permukaan logam. Inhibitor korosi terlihat jelas pada logam yang tidak ditambahkan dan tersebar merata pada permukaan logam.

Referensi

- Alexander, V., & Tambun, R. (2021). *Aplikasi Serbuk Daun Sirsak (Annona muricata L.) Sebagai Inhibitor Korosi Besi pada Medium Natrium Klorida* [Universitas Sumatera Utara]. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/31204>
- Andira, R., Zulnazri, Z., Bahri, S., Azhari, A., & Muarif, A. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Daun Rambutan Sebagai Inhibitor Korosi Pada Plat Besi Dalam Media Air Payau. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(3), 11–20. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i3.6507>

- Aprianti, N., & Ihsan. (2021). *Pengaruh Inhibitor Dari Biji Nangka Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Medium* [Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar]. [http://repositori.uin-alauddin.ac.id/18855/1/NILMA APRIANTI-Saintek.pdf](http://repositori.uin-alauddin.ac.id/18855/1/NILMA%20APRIANTI-Saintek.pdf)
- Aprilliani, N., Suka, E. G., & Suprihatin, S. (2017). Efektivitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi L.) Sebagai Inhibitor Pada Baja St37 Dalam Medium Korosif NaCl 3%. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 5(2), 161–172. <https://doi.org/10.23960%2Fjtaf.v5i2.181>
- Dahemat, C. N., Sonik, D. A., Anggorowati, A. A., & Sudaryanto, Y. (2019). Tannin Based Adsorbent (TBA) Dari Daun Jambu Biji (Psidium Guajava L.) Untuk Menyerap Ion Logam CR(VI) Dalam Air Limbah. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 18(1), 44–48. <https://doi.org/10.33508/wt.v18i1.2089>
- Gapsari, F. (2017). *Pengantar Korosi*. Universitas Brawijaya Press. https://books.google.co.id/books/about/Pengantar_Korosi.html?id=FFpVDwAAQBAJ&redir_esc=y
- Harahap, A. S., & Marlianto, E. (2019). *Pengaruh Inhibitor Ekstrak Kulit Semangka Terhadap Laju Korosi Dan Sifat Mekanik Logam Besi Dalam Medium Air Laut* [Universitas Sumatera Utara]. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/23404>
- 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. <https://doi.org/10.31543/jtm.v2i1.60>
- Lestari, I., Nisa, R., Sakinah, N., & Mardiah, M. (2018). Studi Laju Korosi Logam Aluminium dengan Penambahan Inhibitor dari Ekstrak Daun Karamunting (Rhodomyrtus Tomentosa) dalam Larutan NaOH. *Jurnal Integrasi Proses*, 7(1), 26–31. <https://doi.org/10.36055/jip.v7i1.2816>
- Mulyaningsih, N., Mujiarto, S., & Ubaydilah, 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>
- Nurhayati, I., Karo, P. K., & Syafriadi, S. (2020). Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Maja Sebagai Inhibitor pada Baja Karbon Aisi 1020 dalam Medium Korosif NaCl 3% dengan Variasi Waktu Perendaman. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 8(2), 159–168. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v8i2.1862>
- Purnomo, H., & Marlianto, E. (2020). *Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (Moringa Oleifera L) Sebagai Inhibitor Alami Terhadap Laju Korosi Logam Tembaga dalam Medium HCl 1 M* [Universitas Sumatera Utara]. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/28486>
- 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. <https://doi.org/10.36055/jip.v8i1.5601>
- Sa'diyah, J., & Suharti, P. H. (2023). Pemanfaatan Psidium Guajava Dan Annona Muricata Sebagai Green Corrosion Inhibitor Terhadap Penurunan Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 883–889. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i4.518>
- Saefuloh, I., Setiawan, I., Sunardi, S., Jannah, M., & Lusiani, R. (2021). Pengaruh Temperatur Pelapisan Dan Kekasaran Permukaan Terhadap Laju Korosi Lapisan Electroless Ni-P Baja Karbon Rendah Astm A36. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(2), 158–165. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v6i2.44135>
- Stiadi, Y., Arief, S., Aziz, H., Efdi, M., & Emriadi, E. (2019). Inhibisi Korosi Baja Ringan Menggunakan Bahan Alami Dalam Medium Asam Klorida: Review. *Jurnal Riset Kimia*, 10(1), 51–65. <https://doi.org/10.25077/jrk.v12i2.321>
- Sudiarti, T., Delilah, G. G. A., & Aziz, R. (2018). Besi dalam Qur'an dan Sains Kimia (Analisis Teoritis dan Praktis Mengenai Besi dan Upaya Mengatasi Korosi pada Besi. *Al-Kimiya*, 5(1), 7–16. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i1.3720>
- Ulikaryani, U., Fadlilah, I., & Jati, U. S. (2022). Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulit Buah Nipah sebagai Green Corrosion Inhibitor terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon ST37. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(3), 495. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i3.4012>
- Utomo, W. B., Murdiningsih, H., Wulandari, N. A., & Esa, I. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji dan Daun Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja ST-37. In Firman (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional & Pengabdian Kepada Masyarakat* (pp. 119–123). Politeknik Negeri Ujung Pandang. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/1822>