

Pengaruh Efektivitas Inhibitor Korosi Alami dari Ekstrak Daun Jeruk Purut, Jeruk Nipis, dan Nanas pada Baja Karbon ASTM A36 dengan Media Air Laut

Wisnu Iqbal Yuniar ¹, Kosjoko ², dan Nely Ana Mufarida ^{3*}

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember ; iqbaljuniar123@gmail.com

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember ; kosjoko@unmuhiember.ac.id

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember ; nelyana@unmuhiember.ac.id

* Penulis Korespondensi : Nely Ana Mufarida ; Email : nelyana@unmuhiember.ac.id

Abstract: *Corrosion is a major problem in ASTM A36 carbon steel, which is widely used in maritime construction, particularly due to exposure to seawater environments rich in chloride ions. Although synthetic chemical corrosion inhibitors are effective, they may negative effects on environmental conditions. Therefore, this study aims to analyze the effectiveness of natural corrosion inhibitors (green inhibitors) derived from kaffir lime leaves (*Citrus hystrix*), lime leaves (*Citrus aurantifolia*), and pineapple leaves (*Ananas comosus*) on the corrosion rate of ASTM A36 carbon steel in a seawater medium. This research employed an experimental laboratory method using the immersion (weight loss) technique for 30 days at room temperature. Leaf extracts were applied as inhibitors with variations in pre-immersion time of 1, 2, and 3 days, followed by immersion of the specimens in seawater. The corrosion rate was calculated based on mass loss and supported by microscopic observation of the steel surface. The results showed that all leaf extracts were able to decrease the corrosion rate of ASTM A36 steel carbon steel compared to specimens without inhibitors. Lime leaf extract exhibited the highest inhibition efficiency, with the lowest corrosion rate of 0.11 mmpy after 3 days of pre-immersion, followed by kaffir lime leaf extract at 0.14 mmpy and pineapple leaf extract at 0.34 mmpy. Therefore, extracts of lime leaves, kaffir lime leaves, and pineapple leaves have strong potential as environmentally friendly and economical natural corrosion inhibitors for the protection of carbon steel exposed to marine conditions.*

Keywords: *Corrosion, Natural Corrosion Inhibitor, ASTM A36 Carbon Steel, Seawater, Kaffir Lime Leaf Extract, Lime Leaf Extract, Pineapple Leaf Extract.*

Abstrak: Korosi merupakan permasalahan utama pada baja karbon ASTM A36 yang banyak digunakan pada konstruksi maritim, terutama akibat paparan lingkungan air laut yang kaya akan ion klorida. Penggunaan inhibitor korosi kimia sintesis dinilai efektif, namun berpotensi menimbulkan dampak. Memberikan pengaruh yang merugikan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis efektivitas inhibitor korosi alami (green inhibitor) yang berasal dari ekstrak daun jeruk purut (*Citrus hystrix*), daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan daun nanas (*Ananas comosus*) terhadap laju korosi baja karbon ASTM A36 dalam media air laut. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan metode perendaman (weight loss) selama 30 hari pada suhu ruang. Ekstrak daun diaplikasikan sebagai inhibitor dengan variasi waktu perendaman awal 1, 2, dan 3 hari, kemudian spesimen direndam dalam air laut. Laju korosi dihitung berdasarkan kehilangan massa, serta didukung dengan pengamatan mikroskopik permukaan baja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh ekstrak daun mampu menurunkan laju korosi baja ASTM A36 dibandingkan spesimen tanpa inhibitor. Inhibitor ekstrak daun jeruk nipis menunjukkan efektivitas tertinggi dengan laju korosi terendah sebesar 0,11 mmpy pada perendaman 3 hari, diikuti oleh daun jeruk purut sebesar 0,14 mmpy dan daun nanas sebesar 0,34 mmpy. Dengan demikian, ekstrak daun jeruk nipis, jeruk purut, dan nanas berpotensi sebagai inhibitor korosi alami yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk perlindungan baja karbon di lingkungan maritim.

Kata kunci: Korosi, Inhibitor Korosi Alami, Baja Karbon ASTM A36, Air Laut, Ekstrak Daun Jeruk Purut, Ekstrak Daun Jeruk Nipis, Ekstrak Daun Nanas.

Diterima: February 04, 2026

Direvisi: February 22, 2026

Diterima: February 24, 2026

Diterbitkan: March 2, 2026

Versi sekarang: March 3, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Baja karbon ASTM A36 merupakan material yang banyak diaplikasikan dalam konstruksi infrastruktur maritim seperti dermaga, jembatan, dan kapal karena memiliki karakteristik mekanik yang baik serta nilai ekonomis yang relatif terjangkau. Namun, material ini memiliki kelemahan berupa tingkat ketahanan terhadap korosi masih rendah ketika terekspos pada kawasan laut yang bersifat elektrolit kuat dengan kandungan ion klorida (Cl^-) tinggi. Ion klorida diketahui mampu merusak lapisan pasif pada permukaan baja sehingga mempercepat proses korosi melalui mekanisme elektrokimia (Arifin & Kustono, 2020). Kondisi tersebut menjadi penyebab umum terjadinya degradasi struktural pada komponen berbahan baja yang beroperasi di lingkungan laut.

Permasalahan korosi pada sektor maritim menimbulkan konsekuensi ekonomi yang signifikan. Biaya perawatan, penggantian komponen, hingga potensi kegagalan struktural dapat menyebabkan kerugian yang meningkat setiap tahun. Selain itu, penurunan integritas material akibat korosi dapat mengganggu keselamatan operasional serta umur layanan struktural. Oleh karena itu, perlindungan korosi pada baja ASTM A36 yang beroperasi di lingkungan air laut menjadi kebutuhan penting yang perlu dioptimalkan (Matei & R, 2025).

Berbagai metode proteksi korosi telah dikembangkan, salah satunya melalui penggunaan inhibitor. Inhibitor kimia konvensional seperti kromat dan nitrit terbukti efektif, namun memiliki dampak lingkungan karena sifat toksik dan sulit terdegradasi secara alami. Kondisi ini mendorong tren penelitian menuju pengembangan green inhibitor yang bersumber dari tumbuhan, ramah lingkungan, mudah diperoleh, dan ekonomis (Winkler et al., 2014).

Ekstrak daun tanaman diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder, misalnya flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid yang berpotensi menghambat korosi melalui mekanisme adsorpsi fisika maupun kimia. Senyawa tersebut dapat membentuk lapisan film organik pada permukaan baja sehingga meminimalkan kontak langsung antara logam dan media korosif. Daun jeruk purut (*Citrus hystrix*), daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan daun nanas (*Ananas comosus*) merupakan sumber potensial green inhibitor karena kandungan senyawa aktif yang berperan sebagai donor elektron dan bersifat hidrofobik (R. Holla et al., 2024).

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas daun dan limbah organik sebagai inhibitor korosi pada logam dalam media korosif tertentu. Namun, penelitian yang membandingkan efektivitas ekstrak daun jeruk purut, daun jeruk nipis, dan daun nanas secara bersamaan pada baja karbon jenis ASTM A36 dengan lingkungan pengujian air laut masih terbatas, khususnya menggunakan media air laut asli wilayah pesisir Banyuwangi yang dapat menggambarkan kondisi korosi nyata pada lingkungan maritim tropis.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Korosi

Korosi merupakan tahapan kemunduran atau kerusakan pada bahan logam sebagai hasil dari proses reaksi elektrokimia dengan lingkungan, yang bersifat spontan serta tidak dapat dibalik (*irreversible*). Fenomena ini pada hakikatnya menggambarkan kembalinya logam ke kondisi stabilnya dalam bentuk senyawa oksida atau sulfida, sebagaimana logam ditemukan di alam sebagai bijih mineral. Proses elektrokimia yang mendasari korosi melibatkan terbentuknya area anoda, tempat terjadinya oksidasi logam (pelepasan elektron), serta area katoda, tempat berlangsungnya reaksi reduksi (penerimaan elektron). Keberadaan elektrolit, seperti air atau larutan garam, serta kontak fisik antara anoda dan katoda, membentuk sirkuit yang memungkinkan aliran arus listrik dan mempercepat proses kerusakan logam (Martínez Pérez, 2025).

Kecepatan atau kelambatan proses korosi pada kecepatan korosi berkaitan langsung dengan karakteristik material. Sementara itu, laju korosi dalam lingkungan netral pada kondisi normal umumnya berada pada kisaran 1 mpy atau di bawahnya. Tingkat korosi dipengaruhi oleh sejumlah parameter, termasuk air serta konsentrasi gas dan zat padat terlarut, suhu, seleksi material, pH, termasuk bakteri pereduksi sulfat yang dikenal sebagai Sulfate Reducing Bacteria (SRB) (Studi et al., 2025).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Terjadinya korosi dipicu oleh sejumlah faktor yang melibatkan interaksi antara logam dengan lingkungannya. Adapun faktor-faktor utama yang berperan dalam proses korosi adalah sebagai berikut:

1. Komposisi Kimia dan Struktur Logam

Sifat kimiawi logam sangat menentukan tingkat kerentanannya terhadap korosi. Logam murni seperti besi umumnya lebih mudah teroksidasi dibandingkan paduan, contohnya stainless steel. Hal ini dikarenakan unsur paduan seperti kromium mampu membentuk lapisan pasif yang dapat memberikan perlindungan dari lingkungan korosif (Setiawan et al., 2020). Selain itu, struktur mikro, tingkat keseragaman, serta kandungan pengotor seperti karbon atau sulfur juga mempengaruhi stabilitas elektroda logam dalam bereaksi dengan lingkungannya.

2. Lingkungan Media Elektrolit

Lingkungan sekitar logam, seperti air hujan, air laut, air payau, atau udara lembap, dapat memengaruhi kecepatan korosi. Konsentrasi ion agresif seperti klorida (Cl^-) yang tinggi dapat merusak lapisan pelindung dan mempercepat korosi. Menurut penelitian (Li & Du, 2022), ion klorida di lingkungan laut mampu merusak lapisan oksida pada baja sehingga memicu korosi lokal yang cukup parah. Kondisi dengan pH rendah atau bersifat asam juga mempercepat kerusakan logam.

3. Temperatur dan Kelembaban

Peningkatan suhu dan kelembaban dapat mempercepat reaksi kimia serta elektrokimia yang menyebabkan korosi. Suhu tinggi meningkatkan laju difusi ion, sedangkan kelembaban dapat menghasilkan lapisan elektrolit tipis yang mendukung perpindahan ion pada permukaan logam (Priyotomo et al., 2019).

4. Kecepatan Aliran Fluida

Aliran fluida seperti udara atau gelombang laut dapat merusak lapisan pelindung logam. Turbulensi juga mempercepat pertukaran ion dalam reaksi elektrokimia. Selain itu, aliran kuat dapat menyebabkan abrasi pada permukaan logam, sehingga memperburuk korosi (Agustina, 2019).

5. Desain dan Bentuk Geometri Komponen

Desain logam yang memiliki celah sempit, sudut tajam, atau permukaan kasar dapat memicu korosi celah (*crevice corrosion*) dan mempercepat korosi lokal. Area yang sulit dibersihkan atau dilapisi biasanya menjadi lokasi awal terjadinya serangan korosi (Miyamoto et al., 2022).

6. Interaksi Galvanik dan Keberadaan Inhibitor

Ketika dua logam yang tidak sejenis berada dalam satu sistem berhubungan dalam lingkungan elektrolit terdiri dari logam yang lebih mudah bereaksi akan mengalami korosi lebih cepat, fenomena ini disebut korosi galvanik. Sebaliknya, keberadaan inhibitor seperti senyawa organik dari tumbuhan atau aditif kimia berfungsi menurunkan laju korosi karena adanya lapisan pelindung pada permukaan logam.

Jenis – jenis korosi

Menurut Utomo (2009) Korosi dapat dibedakan berdasarkan pola kerusakannya pada logam. Setiap jenis memiliki ciri-ciri dan metode penanganan yang berbeda. Berikut jenis korosi yang sering ditemukan:

1. Uniform Attack (Korosi Seragam)

Jenis korosi ini terjadi merata pada seluruh permukaan logam yang dipengaruhi oleh proses reaksi kimia dari pH rendah serta kelembapan udara. Dalam jangka panjang, bagian logam akan menipis. Umumnya terjadi pada plat baja atau logam dengan struktur seragam. Pencegahannya dapat dilakukan dengan pemberian lapisan pelindung seperti inhibitor.

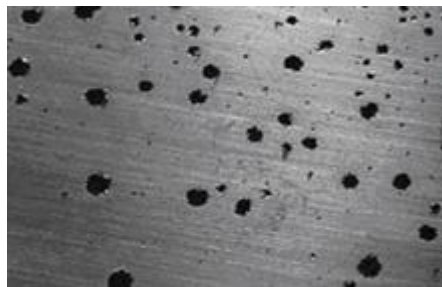


Gambar 2.1 Korosi Seragam
Sumber: (Utomo, 2009)

2. Pitting Corrosion (Korosi Sumur)

Korosi ini muncul akibat ketidaksesuaian bahan logam sehingga memicu terbentuknya lubang kecil pada area tertentu. Cara pencegahan antara lain:

- a. Menentukan material yang seragam
- b. Menambahkan inhibitor
- c. Melapisi dengan bahan yang bersifat agresif



Gambar 2. 2 Korosi Sumur
Sumber: (Utomo, 2009)

3. Erosion Corrosion (Korosi Erosi)

Korosi yang dipicu oleh keausan akibat aliran fluida kuat, yang dapat menghilangkan lapisan pelindung yang terdapat pada logam, biasanya muncul pada baling-baling atau pipa. Pencegahannya:

- a. Memilih bahan seragam
- b. Memberikan lapisan pelindung
- c. Menggunakan inhibitor
- d. Mengurangi kecepatan aliran fluida



Gambar 2. 3 Korosi Erosi
Sumber:(Utomo, 2009)

4. Galvanis Corrosion (Korosi Galvanis)

Korosi terjadi ketika dua logam berbeda berada dalam satu elektrolit, di mana logam yang bersifat anodic lebih cepat mengalami kerusakan. Pencegahannya:

- Menggunakan isolator yang tebal
- Penerapan perlindungan katodik
- Penambahan inhibitor ke dalam cairan



Gambar 2. 4 Korosi Galvanis
Sumber:(Utomo, 2009)

5. Stress Corrosion (Korosi Tegangan)

Korosi ini dipicu akibat tegangan atau perlakuan mekanik terhadap logam yang menyebabkan butiran logam mengalami perubahan dan lebih mudah bereaksi dengan lingkungan. Pencegahannya:

- Penggunaan inhibitor
- Memberikan relaksasi pada bagian logam yang mengalami stres



Gambar 2. 5 korosi tegangan
Sumber:(Utomo, 2009)

6. Crevice Corrosion (Korosi Celah)

Korosi terjadi pada celah antar komponen logam, yang dapat menampung air atau kotoran. Kondisi ini menyebabkan perbedaan konsentrasi oksigen antara bagian luar dan dalam, sehingga bagian dalam bersifat anodic. Pencegahannya:

- a. Menggunakan isolator
- b. Mengeringkan area lembap
- c. Membersihkan kotoran



Gambar 2. 6 Korosi Celah

Sumber:(Utomo, 2009)

7. Korosi Mikrobiologi

Jenis korosi yang dipicu oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, protozoa, dan alga. Organisme ini membentuk biofilm pada permukaan logam yang dapat mempercepat korosi. Pencegahannya:

- a. Menetapkan jenis logam yang cocok dengan lingkungan sekitar
- b. Menggunakan pelindung permukaan
- c. Mengurangi sifat korosif lingkungan
- d. Menggunakan teknik elektrokimia seperti anoda korban
- e. Mendesain konstruksi agar tidak menampung air atau lumpur



Gambar 2. 7 Korosi mikrobiologi

Sumber:(Utomo, 2009)

8. Fatigue Corrosion (Korosi Lelah)

Korosi ini terjadi pada logam yang mengalami siklus kerja berulang, sehingga menyebabkan kerusakan akibat kelelahan material. Umumnya ditemukan pada baling-baling kapal, pengeboran minyak, dan turbin uap. Pencegahannya:

- a. Menambahkan inhibitor
- b. Memilih bahan yang tahan korosi
- c. Menggunakan material dengan daya tahan tinggi



Gambar 2. 8 Korosi Lelah

Sumber:(Utomo, 2009)

2.2 Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix*)

Daun jeruk purut diketahui mengandung sejumlah metabolit sekunder, di antaranya flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid. Senyawa-senyawa ini mampu beradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan pelindung, sehingga berpotensi mengurangi laju kerusakan akibat korosi pada baja karbon (Qonitah et al., 2022).

2.3 Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Daun jeruk nipis mengandung flavonoid, fenol, tanin, saponin, dan alkaloid yang memiliki gugus donor elektron. Senyawa tersebut dapat berinteraksi dengan permukaan logam melalui mekanisme adsorpsi, membentuk film protektif yang mengurangi serangan ion agresif seperti klorida (Chriscensia et al., 2020)..

2.4 Daun Nanas (*Ananas comosus*)

Daun nanas mengandung flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, dan enzim bromelain. Kandungan ini berperan dalam pembentukan lapisan organik hidrofobik serta kompleks ligan-logam, sehingga mampu menurunkan laju korosi dan melindungi permukaan baja dari media korosif (Lestari, 2023).

2.5 Inhibitor

Inhibitor korosi adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu material jumlah kecil ke dalam lingkungan korosif untuk memperlambat atau mencegah terjadinya korosi (Raihan & Yunitasari, 2025). Inhibitor alami dari bahan tumbuhan lebih ramah lingkungan dibandingkan inhibitor sintetis dan bekerja terutama melalui mekanisme adsorpsi pada permukaan logam (Thoriqur et al., 2025).

2.6 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 adalah jenis baja berkadar karbon rendah yang umum digunakan pada konstruksi dan struktur maritim karena sifat mekaniknya yang baik dan mudah difabrikasi. Namun, baja ini rentan terhadap korosi, terutama di lingkungan air laut yang mengandung ion klorida tinggi (Vaish et al., 2024).

2.7 Laju Korosi

Laju korosi menunjukkan tingkat kecepatan kerusakan logam akibat korosi. Salah satu cara yang sering diterapkan untuk mengukurnya adalah metode penurunan berat badan (weight loss), yakni melalui proses perhitungan selisih massa spesimen sebelum dan sesudah perendaman dalam media korosif (A.Zilfikar Syaiful dkk, 2020). Dengan rumus:

$$CR \text{ (mpy)} = \frac{K \cdot W}{A \cdot t \cdot \rho} \dots\dots\dots$$

Keterangan:

CR = Laju korosi (mmpy)

K = konstanta laju korosi = $8,76 \times 10^4$ (mmpy)

W = Massa yang hilang (g)

A = Luas penampang spesimen (cm²)

t = Waktu perendaman (Jam)

ρ = Densitas spesimen (g/cm³)

2.8 Etanol

Etanol digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi senyawa aktif dari daun karena sifatnya yang polar dan mampu melarutkan berbagai senyawa organik. Penggunaan etanol membantu memperoleh ekstrak yang mengandung senyawa inhibitor korosi secara optimal (Supriningrum et al., 2024).

2.9 Air Laut Banyuwangi

Air laut merupakan media korosif yang agresif terhadap baja karbon akibat kandungan ion klorida, sulfat, dan oksigen terlarut. Karakteristik air laut Banyuwangi dengan salinitas dan kondisi lingkungan tropis mempercepat terjadinya reaksi elektrokimia korosi pada baja ASTM A36 (Hidayah et al., 2020).

Parameter	Nilai rata-rata	Satuan
Salinitas	20,2 – 29,2	%
PH	7,3 – 7,6	-
Oksigen terlarut (DO)	1,2 – 8,3	Mg/L
Total Suspended Solid (TSS)	20,6 – 30,8	Mg/L
Nitrat (NO ₃ ⁻)	0,18 – 0,33	Mg/L
Fosfat (PO ₄)	0,1 – 0,18	Mg/L

3. Metode

Pada Penelitian ini akan dilakukan melalui pendekatan eksperimental laboratorium dengan menyiapkan spesimen baja karbon ASTM A36 berukuran 3 mm x 3 mm yang kemudian direndam dalam media air laut. Data yang dikumpulkan akan dianalisis secara kuantitatif. variasi konsentrasi inhibitor ekstrak jeruk purut, jeruk nipis, dan nanas akan diuji selama periode 30 hari dengan interval pengambilan data 30 hari. Laju korosi akan dihitung menggunakan metode weigh loss dan metode mikroskopik.

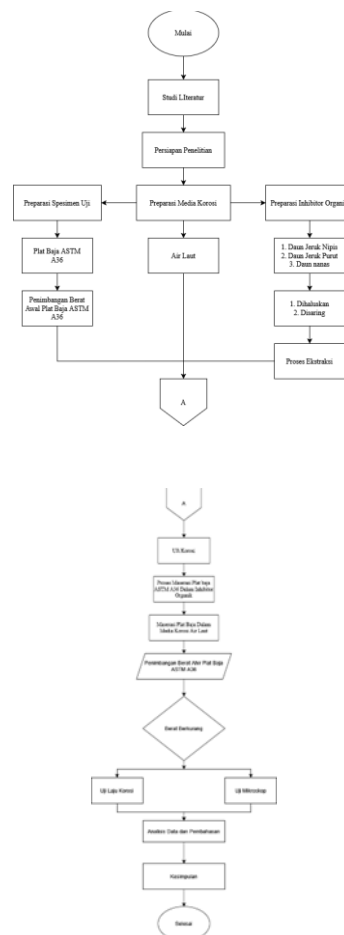
3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh inhibitor korosi alami terhadap laju korosi baja karbon ASTM A36. Spesimen baja direndam dalam media air laut dengan penambahan inhibitor dari ekstrak daun jeruk purut, daun jeruk nipis, dan daun nanas. Pengujian dilakukan secara kuantitatif dengan Perhitungan laju terjadinya korosi dengan metode kehilangan berat (weight loss) serta didukung oleh pengamatan mikroskopik.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

1. Daun Jeruk purut
2. Daun Jeruk nipis
3. Daun Nanas
4. Baja ASTM A36
5. Gelas cup
6. Gerinda
7. Mikroskop digital
8. Air Laut
9. amplas
10. jangka sorong
11. Timbangan Analitik
12. Etanol
13. Blender

3.3 Prosedur Penelitian



Penjelasan diagram alir sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan untuk mengukur baja ASTM A36
2. Potong baja dengan ukuran 3x3 mm
3. Amplas spesimen baja tersebut.
4. Keringkan ke tiga inhibitor organik tersebut menggunakan sinar matahari
5. Blender ke tiga inhibitor tersebut samapi jadi serbuk
6. Ayak sampai ukuran mencapai 40 mesh
7. Campur serbuk hasil ayak dengan etanol dengan perbandingan 1:4
8. Rendam baja dengan menggunakan ke tiga inhibitor selama menggunakan variasi waktu 1 hari,2 hari dan 3 hari
9. Setelah itu angkat dan rendam dengan menggunakan air laut 30 hari di suhu ru-ang terbuka

10. Angkat dan bersihkan baja sesudah perendaman selama 30 hari
11. Timbang dan amati baja tersebut
12. Hitung berapa laju korosi menggunakan metode laju korosi dan uji mikroskopik dari ke tiga inhibitor tersebut, bandingkan mana inhibitor yang paling tahan terhadap korosi

3.4 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis ekstrak daun (jeruk purut, jeruk nipis, dan nanas). Variabel terikat meliputi laju korosi dan kondisi permukaan spesimen berdasarkan uji mikroskopik. Variabel terkontrol meliputi jenis baja ASTM A36, media air laut, suhu ruang, serta waktu perendaman dalam media korosif.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh tiga jenis inhibitor organik terhadap laju korosi pada plat baja ASTM A36 dengan massa awal sebesar 24 gram. Inhibitor organik yang digunakan berasal dari ekstrak daun jeruk purut, daun jeruk nipis, dan daun nanas. Masing-masing inhibitor diaplikasikan menggunakan metode maserasi, yaitu dengan merendam plat baja ke dalam larutan ekstrak selama variasi waktu 1, 2, dan 3 hari. Selain itu, digunakan satu plat baja tanpa penambahan inhibitor sebagai spesimen kontrol. Media korosif yang dipakai merupakan sampel air laut langsung dari wilayah pesisir pantai Banyuwangi. Selanjutnya, laju korosi dihitung menggunakan metode weight loss, yaitu dengan menentukan selisih massa plat baja sebelum dan setelah proses perendaman. Adapun hasil pengujian laju korosi disajikan sebagai berikut.

4.1 . laju korosi daun jeruk purut

Pengamatan laju korosi dilakukan untuk menilai tingkat penurunan material baja karbon setelah perendaman dalam media air laut dengan penambahan inhibitor alami dari ekstrak daun jeruk purut. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui dampak dari inhibitor terhadap laju korosi yang terjadi, yang ditunjukkan oleh perubahan massa spesimen sebelum dan sesudah pengujian. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan metode perendaman selama waktu tertentu. Hasil pengukuran laju korosi disajikan dalam bentuk Tabel 4.1.

Table 4.1 Hasil Pengujian Laju Korosi Plat Baja ASTM A36 Daun Jeruk Purut

Lama Perendaman	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Selisih Berat (gram)	Laju Korosi (mmpy)
Tanpa Inhibitor	24,055	21,185	2,870	1,62
1 Hari	24,071	22,307	1,764	0,99
2 Hari	24,059	23,080	0,979	0,55
3 Hari	24,015	23,771	0,244	0,14

Data pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian laju korosi plat baja ASTM A36 dengan penambahan inhibitor alami dari ekstrak daun jeruk purut pada variasi lama perendaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen tanpa inhibitor memiliki laju korosi tertinggi sebesar 1,62 mmpy, yang menandakan terjadinya proses korosi yang cukup intensif pada media air laut. Pada perendaman selama 1 hari dengan penambahan inhibitor daun jeruk purut, laju korosi mengalami penurunan menjadi 0,99 mmpy. Penurunan laju korosi semakin signifikan pada perendaman 2 hari dengan nilai sebesar 0,55 mmpy, dan mencapai nilai terendah pada perendaman 3 hari yaitu sebesar 0,14 mmpy. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan inhibitor daun jeruk purut serta peningkatan lama perendaman mampu menurunkan laju korosi baja ASTM A36 secara efektif.



Gambar 4.1 Memperlihatkan hasil perbandingan laju korosi daun jeruk purut pada berbagai waktu perendaman inhibitor, yaitu tanpa inhibitor, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Berdasarkan hasil pengujian, laju korosi tertinggi terjadi pada kondisi tanpa inhibitor dengan nilai sekitar 1,62, yang menunjukkan bahwa material mengalami korosi paling cepat tanpa perlindungan inhibitor.

Pada perendaman inhibitor selama 1 hari, laju korosi menurun menjadi sekitar 0,99, yang menunjukkan bahwa penambahan inhibitor mulai memberikan efek dalam menghambat proses korosi. Selanjutnya, pada perendaman selama 2 hari, laju korosi kembali menurun menjadi sekitar 0,55, menandakan peningkatan efektivitas inhibitor seiring bertambahnya waktu perendaman.

Adapun pada perendaman selama 3 hari, laju korosi terendah diperoleh, yaitu sekitar 0,14. Hasil ini menunjukkan bahwa perendaman inhibitor selama 3 hari memberikan perlindungan paling optimal terhadap korosi, sehingga mampu menurunkan laju korosi secara signifikan dibandingkan dengan kondisi tanpa inhibitor maupun perendaman yang lebih singkat.

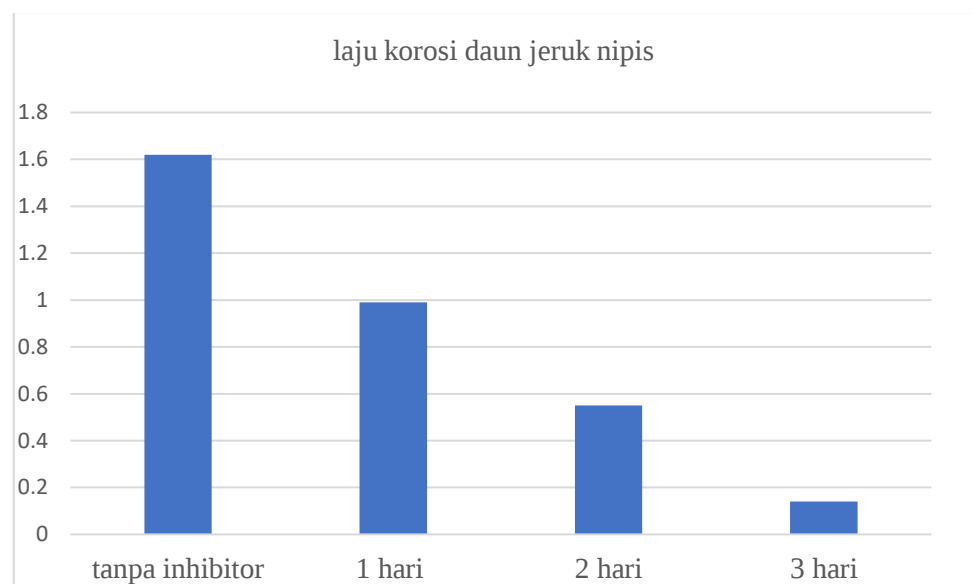
4.2 laju korosi daun jeruk nipis

Pengamatan laju korosi dilakukan untuk menilai tingkat penurunan material baja karbon setelah perendaman dalam media air laut dengan penambahan inhibitor alami dari ekstrak daun jeruk nipis. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inhibitor terhadap laju korosi yang terjadi, yang ditunjukkan oleh perubahan massa spesimen sebelum dan sesudah pengujian. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan metode perendaman selama waktu tertentu. Hasil pengukuran laju korosi disajikan dalam bentuk Tabel 4.2

Table 4.2 Hasil Pengujian Laju Korosi Plat Baja ASTM A36 Daun Jeruk Nipis

Lama Perendaman	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Selisih Berat (gram)	Laju Korosi (mmpy)
Tanpa Inhibitor	24,055	21,185	2,870	1,62
1 Hari	24,048	21,876	2,172	1,23
2 Hari	24,062	22,873	1,189	0,67
3 Hari	24,035	23,847	0,188	0,11

Data pada Tabel 4.2 Menunjukkan hasil pengujian laju korosi plat baja ASTM A36 dengan penambahan inhibitor alami dari ekstrak daun jeruk purut pada variasi lama perendaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen tanpa inhibitor memiliki laju korosi tertinggi sebesar 1,62 mmpy, yang menandakan terjadinya proses korosi yang cukup intensif pada media air laut. Pada perendaman selama 1 hari dengan penambahan inhibitor daun jeruk purut, laju korosi mengalami penurunan menjadi 1,23 mmpy. Penurunan laju korosi semakin signifikan pada perendaman 2 hari dengan nilai sebesar 0,67 mmpy, dan mencapai nilai terendah pada perendaman 3 hari yaitu sebesar 0,11 mmpy. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan inhibitor daun jeruk purut serta peningkatan lama perendaman mampu menurunkan laju korosi baja ASTM A36 secara efektif.



Gambar 4.2 memperlihatkan hasil perbandingan laju korosi daun jeruk purut pada berbagai waktu perendaman inhibitor, yaitu tanpa inhibitor, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Berdasarkan hasil pengujian, laju korosi tertinggi terjadi pada kondisi tanpa inhibitor dengan nilai sekitar 1,62, yang menunjukkan bahwa material mengalami korosi paling cepat tanpa perlindungan inhibitor.

Pada perendaman inhibitor selama 1 hari, laju korosi menurun menjadi sekitar 1,23, yang menunjukkan bahwa penambahan inhibitor mulai memberikan efek dalam menghambat proses korosi. Selanjutnya, pada perendaman selama 2 hari, laju korosi kembali menurun menjadi sekitar 0,67, menandakan peningkatan efektivitas inhibitor seiring bertambahnya waktu perendaman.

Adapun pada perendaman selama 3 hari, laju korosi terendah diperoleh, yaitu sekitar 0,11. Hasil ini menunjukkan bahwa perendaman inhibitor selama 3 hari memberikan perlindungan paling optimal terhadap korosi, sehingga mampu menurunkan laju korosi secara signifikan dibandingkan dengan kondisi tanpa inhibitor maupun perendaman yang lebih singkat.

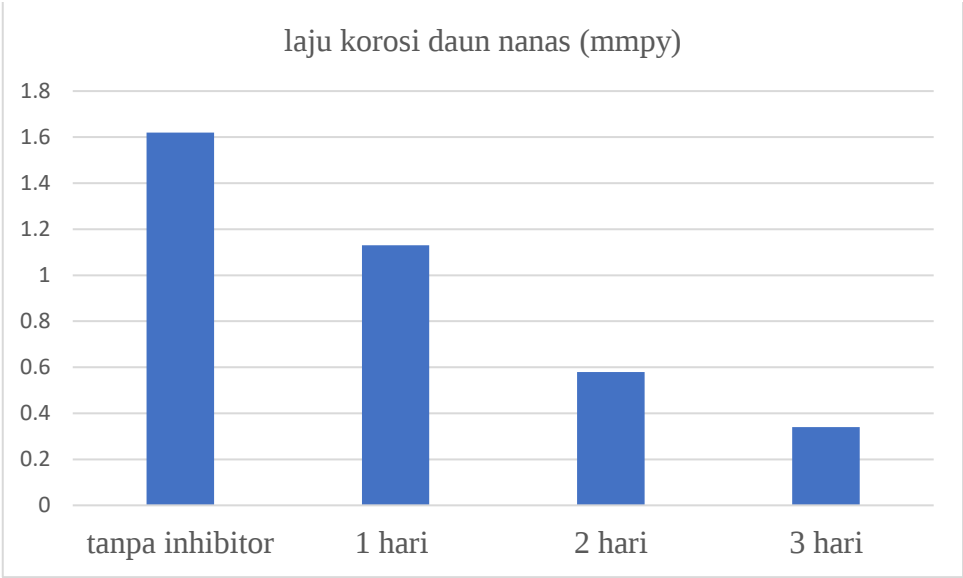
4.3 laju korosi daun nanas

Pengamatan laju korosi dilakukan untuk menilai tingkat penurunan material baja karbon setelah perendaman dalam media air laut dengan penambahan inhibitor alami dari ekstrak daun nanas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inhibitor terhadap laju korosi yang terjadi, yang ditunjukkan oleh perubahan massa spesimen sebelum dan sesudah pengujian. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan metode perendaman selama waktu tertentu. Hasil pengukuran laju korosi disajikan dalam bentuk Tabel 4.3

Table 4.3 Hasil Pengujian Laju Korosi Plat Baja ASTM A36 Daun nanas

Lama Perendaman	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Selisih Berat (gram)	Laju Korosi (mmpy)
Tanpa Inhibitor	24,055	21,185	2,870	1,62
1 Hari	24,082	22,066	2,016	1,13
2 Hari	24,044	23,008	1,036	0,58
3 Hari	24,067	23,456	0,611	0,34

Data pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian laju korosi plat baja ASTM A36 dengan penambahan inhibitor alami dari ekstrak daun jeruk purut pada variasi lama perendaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen tanpa inhibitor memiliki laju korosi tertinggi sebesar 1,62 mmpy, yang menandakan terjadinya proses korosi yang cukup intensif pada media air laut. Pada perendaman selama 1 hari dengan penambahan inhibitor daun jeruk purut, laju korosi mengalami penurunan menjadi 1,13 mmpy. Penurunan laju korosi semakin signifikan pada perendaman 2 hari dengan nilai sebesar 0,58 mmpy, dan mencapai nilai terendah pada perendaman 3 hari yaitu sebesar 0,34 mmpy. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan inhibitor daun jeruk purut serta peningkatan lama perendaman mampu menurunkan laju korosi baja ASTM A36 secara efektif



Gambar 4.3 memperlihatkan hasil perbandingan laju korosi daun jeruk purut pada berbagai waktu perendaman inhibitor, yaitu tanpa inhibitor, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Berdasarkan hasil pengujian, laju korosi tertinggi terjadi pada kondisi tanpa inhibitor dengan nilai sekitar 1,62, yang menunjukkan bahwa material mengalami korosi paling cepat tanpa perlindungan inhibitor.

Pada perendaman inhibitor selama 1 hari, laju korosi menurun menjadi sekitar 1,13, yang menunjukkan bahwa penambahan inhibitor mulai memberikan efek dalam menghambat proses korosi. Selanjutnya, pada perendaman selama 2 hari, laju korosi kembali menurun menjadi sekitar 0,58, menandakan peningkatan efektivitas inhibitor seiring bertambahnya waktu perendaman.

Adapun pada perendaman selama 3 hari, laju korosi terendah diperoleh, yaitu sekitar 0,34. Hasil ini menunjukkan bahwa perendaman inhibitor selama 3 hari memberikan perlindungan paling optimal terhadap korosi, sehingga mampu menurunkan laju korosi secara signifikan dibandingkan dengan kondisi tanpa inhibitor maupun perendaman yang lebih singkat.

4.5 Uji Mikroskopik

Pengamatan menggunakan mikroskop dilakukan untuk melihat perubahan pada permukaan plat baja ASTM A36 setelah direndam dalam air laut. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis korosi yang terjadi pada permukaan plat baja ASTM A36 akibat pengaruh lingkungan yang bersifat korosif. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada setiap spesimen uji ditemukan dua jenis korosi, yaitu korosi sumur (*pitting corrosion*) dan korosi merata (*uniform corrosion*).

Proses Uji Mikroskop Tanpa Inhibitor



Jenis Korosi Sumur

Lampiran 2 Uji Mikroskop Inhibitor Daun Jeruk Purut



Perendaman 1 Hari Korosi Sumuran



Perendaman 2 Hari Korosi Sumuran Dan Seragam



Perendaman 3 Hari Korosi Seragam

Uji Mikroskop Inhibitor Daun Jeruk Nipis



Perendaman 1 Hari Korosi Sumuran Dan Seragam



Perendaman 2 Hari Korosi Seragam



Perendaman 3 Hari Korosi Seragam

Uji Mikroskop Inhibitor Daun Nanas



Perendaman 1 Hari Korosi Sumuran



Perendaman 2 Hari Korosi Seragam



Perendaman 3 Hari Korosi Seragam

Pada Gambar pengujian mikroskop tanpa inhibitor, korosi sumur terlihat jelas pada permukaan spesimen uji dalam bentuk lubang-lubang kecil yang tidak beraturan. Lubang-lubang tersebut terbentuk akibat kerusakan lokal yang dipicu oleh keberadaan ion agresif dalam air laut, seperti ion klorida, yang menyerang bagian-bagian tertentu dari logam. Jenis korosi ini tergolong berbahaya karena dapat menyebabkan penurunan kekuatan struktur dalam waktu relatif singkat. Pada beberapa spesimen, lubang korosi tampak terkonsentrasi pada area tertentu, yang mengindikasikan terjadinya serangan korosi yang intens pada titik-titik permukaan baja yang lebih rentan.

Pada Gambar Uji Mikroskop Inhibitor Daun Jeruk Nipis Perendaman 3 Hari Korosi Seragam, korosi seragam terlihat dalam bentuk pengikisan permukaan baja yang berlangsung secara merata. Kondisi ini menyebabkan permukaan baja menjadi kasar akibat lapisan logam yang terkikis secara menyeluruh. Meskipun tingkat kerusakannya tidak secepat korosi sumur, korosi seragam tetap menyebabkan penurunan ketebalan material secara bertahap, yang dalam jangka panjang dapat mengurangi kekuatan baja. Keberadaan kedua jenis korosi tersebut menunjukkan bahwa Baja ASTM A36 memiliki kerentanan tinggi terhadap paparan lingkungan air laut.

Berdasarkan hasil pengamatan, jenis korosi sumur (*pitting corrosion*) cenderung muncul lebih awal sebelum terbentuknya korosi seragam. Hal ini dapat diamati pada Gambar Gambar pengujian mikroskop tanpa inhibitor, di mana selain terlihat korosi seragam pada permukaan baja, juga terdapat lubang-lubang kecil yang mengindikasikan terjadinya korosi sumur. Sementara itu, pada Gambar Uji Mikroskop Inhibitor Daun Jeruk Nipis Perendaman 3 Hari Korosi Seragam, hanya dijumpai lubang-lubang kecil yang menunjukkan korosi sumur tanpa adanya korosi seragam. Serangan awal yang bersifat lokal tersebut kemudian berkembang dan meluas hingga menyebabkan kerusakan menyeluruh pada permukaan baja. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses korosi berlangsung secara bertahap dan saling berkaitan antara satu mekanisme dengan mekanisme lainnya. Oleh karena itu, penggunaan inhibitor menjadi sangat penting untuk mencegah terjadinya kedua jenis korosi tersebut.

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inhibitor korosi alami dari ekstrak daun jeruk purut, daun jeruk nipis, dan daun nanas terbukti efektif dalam menurunkan laju korosi baja karbon ASTM A36 pada media air laut dibandingkan spesimen tanpa inhibitor. Peningkatan waktu perendaman baja dalam larutan inhibitor memberikan pengaruh positif terhadap efektivitas perlindungan korosi, karena senyawa aktif dalam ekstrak daun semakin optimal teradsorpsi pada permukaan baja. Dari ketiga inhibitor yang digunakan, ekstrak daun jeruk nipis menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai laju korosi terendah, diikuti oleh ekstrak daun jeruk purut dan daun nanas. Pengamatan mikroskopik menunjukkan bahwa jenis korosi yang dominan adalah korosi seragam dan korosi sumur, dengan intensitas serangan yang lebih rendah pada spesimen yang diberi inhibitor.

Sebagai saran, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi konsentrasi inhibitor yang lebih luas serta metode pengujian elektrokimia guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme inhibisi. Selain itu, pengaruh faktor lingkungan seperti suhu, aliran air laut, dan waktu perendaman yang lebih panjang perlu dikaji agar hasil penelitian lebih mendekati kondisi aplikasi di lapangan.

Kontribusi Penulis: Penulis memberikan kontribusi yang berarti dalam bidang ilmu material, khususnya kajian korosi. Dari sisi akademik, penelitian ini menambah wawasan ilmiah melalui hasil pengujian langsung mengenai laju korosi baja serta karakteristik kerusakan permukaan yang dianalisis menggunakan uji laju korosi dan uji mikroskopik. Dari sisi penerapan, hasil penelitian ini menunjukkan efektivitas penggunaan berbagai kombinasi cat dan pelarut dalam menghambat proses korosi pada baja di lingkungan air laut, sehingga dapat menjadi referensi dalam pemilihan sistem pelapisan yang lebih optimal untuk meningkatkan ketahanan material dan memperpanjang umur pakai struktur logam.

Pendanaan: Penelitian ini dilaksanakan tanpa memperoleh bantuan pendanaan dari lembaga eksternal mana pun. Seluruh tahapan penelitian, mulai dari perencanaan, pengambilan data, pengolahan dan analisis data, hingga penyusunan naskah, dibiayai sepenuhnya oleh penulis secara mandiri. Pernyataan ini disampaikan untuk menegaskan bahwa tidak terdapat kepentingan finansial yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian maupun penafsiran terhadap temuan yang diperoleh.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi dan dapat diberikan berdasarkan permintaan yang wajar. Data diperoleh dari hasil pengujian pribadi selama penelitian dan tidak terdapat batasan privasi atau etika terhadap penggunaan data tersebut.

Ucapan Terima Kasih: Penelitian ini terlaksana berkat dukungan fasilitas dan bantuan teknis dari Laboratorium Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan. Pendana tidak terlibat dalam proses penelitian, mulai dari desain studi, pengumpulan dan analisis data, interpretasi hasil, penulisan naskah, hingga keputusan untuk mempublikasikan temuan.

Referensi

- Agustina, N. I. (2019). Integrated - CO₂ - H₂S corrosion - erosion modeling in gas production tubing and pipeline by considering passive layer activity. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13202>
- A. Zilfikar Syaiful, M. Tang, J. D. R. B. K. (2020). ANALISIS LAJU KOROSI DAN LIFETIME MATERIAL STAINLESS STEEL.
- Alake, H., Julius, O., Omosebi, G., & Afuwape, O. M. (2025). *Evaluation of Pineapple (Ananas Coniosus) Crown for Nutritional and Medicinal Applications*. 14(2), 146–159.
- Andrean, M. I. (2024). *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*. 8(2), 70–76. <https://doi.org/10.32528/jp.v8i2.588>
- Anggraeny, Y. N., Setiasih, S., Puspito, S., Widodo, S., Wardi, W., Prihandini, P. W., Antonius, A., Istiqomah, N., Haryanto, B., Kurniawati, A., Muhlisin, M., Prihartini, I., Ramsiati, D. T., Wulansari, W. I., & Indriatie, R. (2024). Profile of secondary metabolites of Citrus hystrix DC from several solvents and its potential as an antibacterial substance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1292(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1292/1/012018>
- Arifin, M. Z., & Kustono, D. (2020). *Characteristics of ASTM A36 steel plate corrosion rate due to bending treatment with angle, corrosion media, and corrosion time variations*. 1(1), 21–29.
- Chriscensia, E., Wibowo, E. C., Enriko, G., Wijaya, O. C., & Sahamastuti, A. A. T. (2020). Phytochemical Screening, Therapeutic Benefits, and Adverse Effects of Citrus aurantifolia - A Review. *Indonesian Journal of Life Sciences*, 02(02), 56–69. <https://doi.org/10.54250/ijls.v2i2.41>
- Dermawan, M. F., & Mufarida, N. A. (2024). *Analisis Kampas Rem Alternatif Dari Serat Daun Nanas Yang Di Arangkan Dengan Resin Epoxy Terhadap Uji Keausan Analysis Of Alternative Brake Pads From Pineapple Leaf Fibers Coated With Epoxy Resin On Wear Tests*. 5(5), 592–599.

- Díaz, B., Grgur, B., & Wang, J. (2024). Current Challenges in Corrosion Research. *Metals*, 14(10), 1–5. <https://doi.org/10.3390/met14101194>
- Ekanem, U. F., Umoren, S. A., Udousoro, I. I., & Udoh, A. P. (2010). Inhibition of mild steel corrosion in HCl using pineapple leaves (*Ananas comosus* L.) extract. *Journal of Materials Science*, 45(20), 5558–5566. <https://doi.org/10.1007/s10853-010-4617-y>
- Februari, V. N., Cc, M., P, M. A. W., & Mufarida, N. A. (2019). PERTALITE TERHADAP DAYA DAN TORSI PADA MESIN MOTOR MATIC 125 CC *Effect of Percentage Addition of Ethanol on Peralite Fuel Power and Torque in Motor Machines torsi dan daya sepeda motor matic 125cc . Penelitian ini merupakan eksperimen . Sampel diambil dengan The purpose of this study was to determine the effect of ethanol addition with pertalite on the torque and power of 125cc matic motorbikes . This research is an experiment . Samples were taken using standart J-Proteksion*. 3(2).
- Fiqi. (2019). IKPLHD Banyuwangi 2018. <https://www.scribd.com/document/795937858/IKPLHD-Banyuwangi-2018>
- Gin David Chura Rivera, J. M. Q.-A. (2024). Review of the Application of Gravimetric and Electrochemical Techniques to Evaluate Corrosion Mechanisms in Metal Materials. *Journal of Electrical Systems*, 20(5s), 496–503. <https://doi.org/10.52783/jes.2265>
- Gunawan, A. R., Mufarida, N. A., & Finali, A. (n.d.). PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMANAS DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP TINGKAT KEKERASAN BAJA ST 42. 2–9.
- H, M. A. P. P., & Mufarida, N. A. (2023). *Jurnal Smart Teknologi Analisa Perbedaan Penggunaan Elektroda E5016 Dan E4303 Las SMAW Berbahan Plat Baja ST 37 Terhadap Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur Analysis Of Differences In The Use Of Electrodes E5016 And E 4303 SMAW Welding Made From ST 37 Steel Plate On Mechanical And Microstructural Properties Jurnal Smart Teknologi A . Las iSMAW i (Shielding iMetal iArc iWelding)*. 4(3), 360–366.
- Hepziba Magie Jessima, S. J., Rakesh, B. G., Muthappa, M., & Subhashini, S. (2020). Evaluation of lime juice as potential green corrosion inhibitor using gravimetric and electrochemical studies. *Asian Journal of Chemistry*, 32(8), 2055–2060. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2020.22730>
- Hidayah, Z., Arisandi, A., & Wardhani, M. K. (2020). *Pemetaan Kesesuaian Perairan untuk Budidaya Laut di Perairan Pesisir Kabupaten Situbondo dan Banyuwangi Jawa Timur*. 13(3), 307–316.
- Indriyani, N. N., Anshori, J. Al, Permadi, N., Nurjanah, S., & Julacha, E. (2023). Bioactive Components and Their Activities from Different Parts. *Foods*, 12(2036), 1–23. doi.org/10.3390/foods12102036
- Islamy, R. A., Setyaningrum, E. W., & Yuniartik, M. (2025). Pengaruh Kualitas Air Terhadap Kelimpahan Fitoplankton Di Pesisir Kecamatan Banyuwangi. *Journal of Fisheries Sustainability (JOFIS)*, 5(1), 23–34.
- Kekuatan, A., Baja, M., Perencanaan, S. C. P., Dan, A. R. M., Penyangga, P., Brake, D., Motor, B., & Tak, S. (2018). *Strength Analysis of Material Steel S45C on the Arm and Cantilever Shaft Rear Disc Brake Planning*. 3(1), 2–5.
- Lestari, D. (2023). *Antibacterial Potency of Prabumulih's Pineapple Leaves Extract (Ananas comosus) Towards Enterococcus faecalis*. 4(2), 167–186.
- Li, P., & Du, M. (2022). Effect of chloride ion content on pitting corrosion of dispersion-strengthened-high-strength steel. *Corrosion Communications*, 7, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2022.03.005>
- Maitimu, C. G., Loppies, L. S., Pellu, D. I., Huka, G. I., Teknologi, P., Sistem, R., Migas, M., Ambon, P. N., Program,), Produksi, S. T., Politeknik, M., & Ambon, N. (2024). Analisa Laju Korosi Pipa Sch 40 Seamless Dengan Variasi Media Pengkorosian Air Payau Dan Air Laut. *Journal Mechanical Engineering (JME)*, 2(2), 2024.
- Malaret, F. (2024). Semi-Quantitative Categorization Method for the Corrosion Behavior of Metals Based on Immersion Test. *Metals*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/met14040409>
- Marthiana, Y. H. and W. (2024). *ANALISIS LAJU KOROSI PADA BAJA ASTM A36 DENGAN VARIASI*

TEMPERATUR DAN WAKTU PERENDAMAN DALAM ALIRAN AIR LAUT. 18(2), 72–78.

- Martínez Pérez, F. (2025). Corrosion, Types and Prevention. *Journal of Building Technology*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.32629/jbt.v7i1.3273>
- Matei, E., & R, D. G. (2025). *Recent Development of Corrosion Inhibitors : Types , Mechanisms , Electrochemical Behavior , Efficiency , and Environmental Impact*.
- Material, J. R., & Energi, M. (2025). *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*. 8(2), 320–326.
- Miyamoto, K. I., Hiramitsu, R., Werner, C. F., & Yoshinobu, T. (2022). Simultaneous In Situ Imaging of pH and Surface Roughening during the Progress of Crevice Corrosion of Stainless Steel. *Sensors*, 22(6), 0–9. <https://doi.org/10.3390/s22062246>
- Mufarida, N. A., & Abidin, A. (2020). *Quality of Fuel Liquid Waste Biogas Tofu Using Starter Composition Variation*. 5(2), 17–21. <https://doi.org/10.21070/rem.v5i2.1001>
- Pratama, R. G. P., Pratiwi, D. K., & Utami, N. P. E. (2022). the Effect of Time Variation on Corrosion Behaviour of Astm a36 in Seawater From West Bangka of Bangka Belitung Islands, Indonesia. *Journal of Mechanical Science and Engineering*, 8(2), 019–023. <https://doi.org/10.36706/jmse.v8i2.69>
- Priyotomo, G., Prifiharni, S., Nuraini, L., Sundjono, S., & Purawardi, I. (2019). Korosi Baja Di Muara Baru Jakarta Dan Indramayu Dengan Simulasi Pasang Surut Uji Wet-Dry. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.21107/jk.v12i1.4800>
- Purba, J. E., Bimantio, M. P., & Hastuti, S. (2024). *Minuman Sumber Antioksidan Alami Berbahan Daun Jeruk Purut*. 2, 400–412.
- Qonitah, F., Ariastuti, R., Pratiwi, M., & Wuri, N. A. (2022). Skrinning Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix*) Dari Kabupaten Klaten. *Gema*, 34(01), 47–51. <https://journal.uniba.ac.id/index.php/GM/article/view/402>
- R. Holla, B., Mahesh, R., Manjunath, H. R., & Anjanapura, V. R. (2024). Plant extracts as green corrosion inhibitors for different kinds of steel: A review. *Heliyon*, 10(14), e33748. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33748>
- Raihan, M. R., & Yunitasari, B. (2025). Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*, Linn) Sebagai Inhibitor Korosi Pada Komponen Boiler. *Jtm*, 14(01), 19–24.
- Rizky Saputra, D., Melati, R., & Karimah, U. (2023). Measurement Of Total Flavonoid Contents Of Ethanol Extract and Ethyl Acetate Fractions Of Kapurut Citrus (*Citrus hystrix* DC) Leaves Using UV-Vis Spectrophotometry Method. *Journal of Sustainable Transformation*, 2(01), 36–44.
- Romadhon, M. F., Mufarida, N. A., Studi, P., Mesin, T., & Jember, U. M. (2025). *PENGARUH VARIASI ARUS LAS SMAW TERHADAP KEKUATAN TARIK & BENDING PADA MATERIAL BAJA ST 42*. 5(3), 1248–1258.
- Roscher, J., Liu, D., Xie, X., & Holze, R. (2024). Aromatic Metal Corrosion Inhibitors. *Corrosion and Materials Degradation*, 5(4), 513–560. <https://doi.org/10.3390/cmd5040024>
- Saleh, B., Fathi, R., Shi, H., & Wei, H. (2023). Advanced Corrosion Protection through Coatings and Surface Rebuilding. *Coatings*, 13(1), 2–4. <https://doi.org/10.3390/coatings13010180>
- Sandra Chioma Okonkwo, Cornelius Abuchi Mbah, & Victor Chinedu Nwoke. (2025). Phytochemical analysis of *Citrus aurantifolia* (LIME) fruit. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 26(2), 4158–4163. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.2.2113>
- Saputro, S. A. (n.d.). *PENGARUH PENGGUNAAN VARIASI ROLLER DAN PEGAS CVT RACING TERHADAP PERFORMA MOTOR MATIC 110CC THE INFLUENCE OF USE OF ROLLER VARIATIONS AND CVT RACING SHEETS ON THE 110CC MATIC MOTOR PERFORMANCE Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Nely Ana Mufarida , Ardhi Fathonisyam Putra Nusantara*.
- Setiawan, A., Pribadhi, P., & Ari, M. (2020). Analisis Pengaruh Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Intergranular SA-240 TP316L. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 6(1). <https://doi.org/10.32487/jst.v6i1.803>

- Sheikh Zarger, M. S., Abu Aqil, N., & Akhtar, N. (2024). Eco-Friendly Corrosion Inhibition of Mild Steel Using Fruit Peel Extracts in Acidic Medium. *Cuestiones de Fisioterapia*, 53(03), 1396–1400. <https://doi.org/10.48047/p8r6gp69>
- Studi, P., Sipil, T., Kordos, P., Militer, A., & Tengah, J. (2025). ANALISIS KOROSI BAJA ASTM A 36 PENGARUH ASAM SULFAT DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN DI LINGKUNGAN LAUT. 12(1).
- Supriningrum, R., Warnida, H., Farmasi, J., & Tinggi Ilmu Kesehatan Samarinda, S. (2024). *Cucurbita moschata*) Berdasarkan Perbedaan Konsentrasi Pelarut Secara Spektrofotometri UV-Vis Jurnal Chemica Vo. 110–118.
- Tetteh, G. M., & Tetteh, A. T. (2019). Steel Corrosion by Air: South of the Sahara. *International Journal of Civil, Mechanical and Energy Science*, 5(2), 1–6. <https://doi.org/10.22161/ijcmes.5.2.1>
- Thoriqur, M., Syah, R., & Mufarida, N. A. (2025). Efektivitas Inhibitor Organik terhadap Laju Korosi pada Plat Baja ST 40. 5(3), 2585–2594.
- Utomo, B. (2009). Jenis Korosi Dan Penanggulangannya. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 6(2), 138–141. <https://doi.org/10.14710/kpl.v6i2.2731>
- Vaish, A. K., Patel, R., Chauhan, B. J., Kahar, S. D., Bhojani, A., Bhaisaheb, K. M., & Narayana, K. (2024). Welding of Steel - Its Mechanism and Applications in Multiple Sectors. *Indian Welding Journal*, 57(1), 80–86. <https://doi.org/10.22486/iwj.v57i1.223730>
- VIDYA V. KAMBLE, & NIKHIL B. GAIKWAD. (2019). Fluorescence Analysis, Phytochemical, and Antioxidant Activities in Leaves and Stem of Embelia Ribes Burm. F. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 12(4), 225–229. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i4.30782>
- Winkler, D. A., Breedon, M., Hughes, A. E., Burden, F. R., Barnard, A. S., Harvey, T. G., & Cole, I. (2014). *structure – property models for organic*. 3349–3357. <https://doi.org/10.1039/c3gc42540a>
- Yang, X., Hao, T., Sun, Q., Zhang, Z., & Lin, Y. (2023). The Corrosion Behavior of X100 Pipeline Steel in a Sodium Chloride Solution Containing Magnesium and Calcium. *Materials*, 16(15). <https://doi.org/10.3390/ma16155258>
- ZHANG, X. man, CHEN, Z. yu, LUO, H. feng, ZHOU, T., ZHAO, Y. liang, & LING, Z. cheng. (2022). Corrosion resistances of metallic materials in environments containing chloride ions: A review. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 32(2), 377–410. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(22\)65802-3](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(22)65802-3)