

Pengaruh Variasi Ekstrak Daun Kelor, Daun Sembukan, Daun Kapuk Terhadap Laju Korosi Baja ST 37

Rafi Zuhairi¹, Kosjoko², dan Nely Ana Mufarida^{3,*}

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember ; email rafizuhairi.28@gmail.com

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

^{3*} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember ; email nelyana@unmuahjember.ac.id

* Penulis Korespondensi : Nely Ana Mufarida

Email: nelyana@unmuahjember.ac.id

Abstract : Corrosion is a common problem encountered in various sectors, particularly industrial and maritime applications that utilize ST 37 steel. The widespread use of synthetic chemical inhibitors is considered less environmentally friendly; therefore, alternative materials derived from natural sources are required. This study aims to analyze the effect of variations of three organic inhibitors—moringa leaf extract, sembukan leaf extract, and kapok leaf extract—on inhibiting the corrosion rate of ST 37 steel. The research method employed a laboratory experimental approach by immersing steel plates in each inhibitor for different durations of 1, 3, and 5 days, followed by immersion in seawater for 30 days. The corrosion rate was determined using the weight loss method, while inhibitor efficiency was evaluated by comparison with a control sample without inhibitor. The experimental results showed that moringa leaf extract exhibited the best performance with a 5-day inhibitor immersion, achieving the lowest corrosion rate of 0.09 mm⁻¹ year⁻¹ and the highest efficiency of 89.8%, followed by kapok leaf extract with a corrosion rate of 0.16 mm⁻¹ year⁻¹ and an efficiency of 81.38%. Sembukan leaf extract showed the highest corrosion rate among the inhibitors at 0.18 mm⁻¹ year⁻¹ with an efficiency of 80.00%. These results indicate that longer inhibitor immersion periods enhance corrosion protection effectiveness. The findings highlight the potential of organic inhibitors as environmentally friendly alternatives for corrosion mitigation in industrial applications.

Keywords: Moringa Leaf Extract; Paederia foetida Leaf Extract; Ceiba pentandra Leaf Extract; ST 37 Steel Plate Corrosion

Abstrak: Korosi merupakan masalah umum yang sering terjadi di berbagai bidang seperti industri dan maritim yang menggunakan Baja ST 37. Penggunaan inhibitor sintetis kimia yang banyak digunakan saat ini dianggap kurang ramah lingkungan. Oleh karena itu diperlukan bahan alternatif yang berasal dari bahan alami. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi tiga inhibitor organik ekstrak daun kelor, daun sembukan, dan daun kapuk dalam menghambat laju korosi Baja ST 37. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan merendam plat baja masing-masing dengan durasi berbeda selama 1, 3, dan 5 hari, dilanjutkan dengan perendaman air laut selama 30 hari. Laju korosi diukur dengan metode weight loss, sementara efektivitas inhibitor dianalisis dengan membandingkannya terhadap sampel kontrol tanpa inhibitor. Hasil eksperimen membuktikan bahwa Ekstrak daun kelor mencatat kinerja optimal perendaman inhibitor 5 hari dengan laju korosi terendah dengan 0,09 mm⁻¹ tahun⁻¹ dan efisiensi 89,8%, diikuti dengan daun kapuk laju korosi 0,16 mm⁻¹ tahun⁻¹ dan efisiensi 81,38%, daun sembukan menunjukkan laju korosi paling tinggi dengan nilai 0,18 mm⁻¹ tahun⁻¹ dan efisiensi 80,00%. Hasil ini menunjukkan bahwa periode perendaman yang lebih lama meningkatkan efektivitas proteksi. Temuan ini menguatkan potensi inhibitor organik sebagai bahan alternatif untuk mitigasi korosi di industri.

Kata kunci: Ekstrak Daun Kelor; Ekstrak Daun Sembukan; Ekstrak Daun kapuk; Korosi Plat Baja ST 37

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 24, 2025

Versi sekarang: Januari 1, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Disediakan 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

Korosi merupakan permasalahan fundamental yang mengancam keberlanjutan dan keandalan infrastruktur di berbagai sektor industri dan maritim. Secara elektrokimia, korosi didefinisikan sebagai degradasi material logam akibat interaksinya dengan lingkungan, yang

mengakibatkan kerusakan, penurunan performa, hingga kegagalan fungsi (Kusumawati and Fahriani 2024). Dampaknya bersifat multifaset, mencakup kerugian ekonomi yang masif akibat biaya perawatan dan penggantian, risiko keselamatan kerja, serta potensi kerusakan lingkungan (Sholihin, Aljabbar 2023). Di Indonesia, tantangan korosi semakin kompleks akibat kondisi geografis sebagai negara kepulauan dengan iklim tropis yang lembap, menciptakan lingkungan dengan agresivitas korosi yang tinggi, terutama karena kandungan ion klorida di udara dan air laut.

Baja ST 37, dengan kekuatan tarik minimal 370 MPa dan kadar karbon rendah (sekitar 0.15%), menjadi pilihan umum dalam konstruksi kapal, jembatan, dan struktur lainnya karena sifatnya yang ulet dan mudah dibentuk [3]. Namun, baja ini memiliki ketahanan korosi yang rendah, terutama ketika terekspos pada lingkungan mengandung klorida. Paparan tersebut dapat memicu mekanisme korosi lokal seperti korosi sumuran (*pitting corrosion*) dan korosi retak tegang (*stress corrosion cracking*), yang berbahaya karena sifatnya yang sulit dideteksi namun dapat menyebabkan kegagalan struktural tiba-tiba [4]. Oleh karena itu, pengendalian laju korosi pada baja ST 37 merupakan suatu keharusan.

Salah satu metode pengendalian korosi yang praktis dan ekonomis adalah penggunaan inhibitor korosi [5]. Selama ini, industri banyak bergantung pada inhibitor sintetis yang meski efektif, seringkali beracun, mahal, dan berpotensi mencemari lingkungan. Pergeseran paradigma menuju industri hijau mendorong pencarian *green corrosion inhibitor* yang ramah lingkungan, dapat terurai secara biologis (*biodegradable*), dan berasal dari sumber terbarukan [6].

Tanaman lokal Indonesia menawarkan potensi besar sebagai sumber inhibitor alami. Daun kelor (*Moringa oleifera*), daun sembukan (*Paederia foetida*), dan daun kapuk (*Ceiba pentandra*) telah dilaporkan mengandung senyawa bioaktif seperti tanin, flavonoid, alkaloid, dan saponin [7]. Senyawa-senyawa ini memiliki gugus fungsi polar (seperti -OH, -NH₂, C=O) yang dapat teradsorpsi pada permukaan logam, membentuk lapisan pelindung (protective film) yang menghalangi kontak antara logam dengan elektrolit korosif [8]. Beberapa penelitian pendahuluan telah menunjukkan potensi masing-masing ekstrak. Yusuf et al. (2023) melaporkan efektivitas ekstrak daun kelor dalam menghambat korosi besi hollow dengan menghasilkan laju korosi 0,161 mmpy. Novitaningrum et al. (2023) menemukan bahwa ekstrak daun sembukan dapat menekan laju korosi paku besi dalam media asam dan air laut 1 laju korosi paling rendah, dengan nilai 0,0002 mmpy dan 0,000372 mpy dalam media HCl 1M. Sementara itu, Mesin & Mataram, (2025) membuktikan bahwa ekstrak daun kapuk mampu mencapai efisiensi inhibisi hingga 80,29% pada baja karbon dalam media asam.

Namun, terdapat beberapa celah pengetahuan (*research gap*) yang mendasari penelitian ini. Pertama, belum ada studi yang membandingkan secara langsung dan komprehensif kinerja ketiga ekstrak daun tersebut (kelor, sembukan, kapuk) pada material yang sama, yaitu baja ST 37, dalam satu lingkungan uji yang terkontrol, khususnya media air laut yang relevan dengan aplikasi maritim. Kedua, pengaruh parameter aplikasi seperti durasi perendaman (*immersion time*) dalam larutan inhibitor sebelum paparan korosi terhadap ketebalan, stabilitas, dan kinerja lapisan film pelindung masih belum banyak dieksplorasi. Durasi perendaman diduga berpengaruh signifikan terhadap proses adsorpsi dan pembentukan lapisan protektif yang optimal.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jenis ekstrak daun (kelor, sembukan, kapuk) dan variasi waktu perendaman (1, 3, dan 5 hari) terhadap laju korosi baja ST 37 dalam media air laut. Melalui pendekatan eksperimen dengan metode weight loss dan efisiensi inhibitor, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi ilmiah mengenai kombinasi bahan dan metode aplikasi inhibitor alami yang paling efektif. Temuan penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi inhibisi korosi yang berkelanjutan, mendukung pemanfaatan sumber daya alam lokal, serta menawarkan solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan bagi industri.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Korosi

Korosi didefinisikan sebagai proses perusakan atau degradasi material logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan sekitarnya [12]. Proses ini bersifat progresif dan umumnya diawali dengan reaksi oksidasi, di mana logam bereaksi dengan oksigen, air, atau zat korosif lainnya, membentuk senyawa seperti oksida, hidroksida, atau garam yang dikenal sebagai karat. Korosi tidak hanya mengubah penampilan fisik, tetapi juga secara

signifikan mengurangi kekuatan mekanik, integritas struktural, dan masa pakai komponen logam, sehingga menimbulkan kerugian ekonomi dan risiko keamanan yang besar [13].

2.1.1. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Korosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi pada spesimen plat baja [14]:

- a. Komposisi Kimia dan Struktur Logam Unsur paduan dan kemurnian logam menentukan kecenderungannya terhadap oksidasi. Logam dengan struktur kristal yang rapat dan homogen cenderung lebih tahan korosi.
- b. Kondisi Lingkungan (Suhu dan Kelembapan) Suhu tinggi mempercepat laju reaksi korosi, sementara kelembapan tinggi menyediakan medium elektrolit yang diperlukan untuk korosi elektrokimia.
- c. Kecepatan Aliran Fluida Aliran cepat meningkatkan suplai oksigen dan zat korosif ke permukaan, sekaligus berpotensi menyebabkan erosi yang mempercepat degradasi material.
- d. Keberadaan Media Elektrolit Air laut, air hujan asam, atau larutan garam berperan sebagai penghantar ion yang memfasilitasi reaksi anodik dan katodik pada permukaan logam.
- e. Interaksi Galvanik Kontak antara dua logam dengan potensial elektroda berbeda dalam lingkungan elektrolit akan menyebabkan korosi dipercepat pada logam yang lebih aktif (anoda).
- f. Desain dan Geometri Komponen Celah, sambungan, atau permukaan yang tidak rata dapat memerangkap elektrolit dan mempercepat korosi lokal.

2.1.2. Jenis-Jenis Korosi:

Menurut (Pengaruh, Air, and Terhadap n.d. 2024) jenis Korosi dapat dijelaskan ada beberapa macam yaitu:

- a. Korosi Seragam Terjadi secara merata di seluruh permukaan, menyebabkan penipisan material secara bertahap.
- b. Korosi Sumur (*Pitting*) Bersifat lokal dan membentuk lubang kecil yang dalam, sering kali sulit dideteksi dini namun berbahaya bagi integritas material.
- c. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion Cracking*) Kombinasi antara tegangan tarik dan lingkungan korosif menyebabkan retakan yang dapat berkembang tiba-tiba.
- d. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*) Terjadi pada celah sempit atau daerah terlindung yang memungkinkan terbentuknya sel elektrokimia terkonsentrasi.
- e. Korosi Erosi (*Erosion-Corrosion*) Gabungan antara aksi mekanis aliran fluida atau partikel padat dengan proses korosi kimia.
- f. Korosi Galvanik Disebabkan oleh perbedaan potensial antara dua logam yang saling terhubung dalam lingkungan elektrolit.
- g. Korosi Lelah (*Corrosion Fatigue*) Terjadi akibat beban siklik dalam lingkungan korosif, mempercepat terjadinya retak dan kegagalan material.

2.1.3. Strategi Pencegahan dan Pengendalian Korosi:

Pengendalian korosi dapat dilakukan melalui pendekatan material, desain, lingkungan, dan proteksi. Beberapa metode yang umum meliputi [16]:

- a. Pemilihan material yang sesuai dengan lingkungan operasi, seperti paduan tahan korosi atau pelapisan logam.
- b. Proteksi katodik atau anodik, termasuk penggunaan anode korban atau arus impres.
- c. Aplikasi pelapis (cat, epoksi, pelapisan logam) sebagai penghalang fisik dan kimia.
- d. Penggunaan inhibitor korosi yang dapat ditambahkan ke dalam lingkungan atau fluida proses.
- e. Desain yang menghindari celah, stagnasi fluida, dan kontak logam berbeda.
- f. Pemantauan dan perawatan berkala untuk mendeteksi dini kerusakan dan mencegah eskalasi.

Pemahaman menyeluruh tentang mekanisme, faktor pemicu, dan jenis-jenis korosi sangat penting dalam merancang strategi mitigasi yang efektif, sehingga dapat memperpanjang usia pakai material, meningkatkan keandalan struktur, dan mengurangi biaya perawatan dalam berbagai aplikasi teknik dan industri [17].

2.2 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi adalah zat kimia yang ketika ditambahkan dalam jumlah kecil ke lingkungan korosif, secara efektif mengurangi laju serangan korosi pada logam (Inhibitor, Baroh 2023). Berdasarkan mekanisme kerjanya, inhibitor dapat dikategorikan menjadi:

- Inhibitor Anodik: Menghambat reaksi oksidasi logam (misalnya: kromat, nitrit, fosfat) dengan membentuk lapisan oksida pasif.
- Inhibitor Katodik: Menghambat reaksi reduksi (misalnya: seng fosfat, polifosfat) dengan membentuk lapisan pada permukaan katoda.
- Inhibitor Campuran: Menghambat kedua reaksi sekaligus.
- Inhibitor Pembentuk Film (*Film-Forming Inhibitors*): Beradsorpsi pada seluruh permukaan logam, membentuk lapisan pelindung tipis yang memisahkan logam dari elektrolit.

2.3 Mekanisme Inhibisi oleh Senyawa Organik (Ekstrak Tumbuhan)

Efektivitas ekstrak tumbuhan sebagai green inhibitor terutama disebabkan oleh adanya senyawa fitokimia polar yang kaya akan heteroatom (seperti N, O, S, P) dan ikatan rangkap (π -electron)[19] . Senyawa-senyawa ini meliputi alkaloid, flavonoid, tanin dan saponin, mekanisme adsorpsi senyawa organik ke permukaan logam (Fe) dapat terjadi melalui beberapa cara :

- Adsorpsi Fisika: Interaksi elektrostatis antara muatan pada molekul inhibitor dengan muatan pada permukaan logam yang bermuatan.
- Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*): Pembentukan ikatan koordinasi antara pasangan elektron bebas pada heteroatom (seperti O dalam -OH, N dalam -NH₂) atau orbital π dari cincin aromatik dengan orbital d yang kosong pada atom besi (Fe). Ini adalah mekanisme yang lebih kuat dan umumnya menghasilkan efisiensi inhibisi yang lebih tinggi.
- Adsorpsi melalui Pembentukan Kompleks: Senyawa organik dapat membentuk kompleks yang stabil dengan ion Fe²⁺ di permukaan, menghalangi situs aktif untuk reaksi korosi.

Setelah teradsorpsi, molekul-molekul ini akan membentuk suatu lapisan film pelindung (*protective organic film*) yang menutupi permukaan baja, sehingga menghalangi transfer massa (difusi ion korosif seperti Cl⁻ dan O₂) dan muatan (transfer elektron), yang pada akhirnya menurunkan laju reaksi korosi anodik dan/atau katodik [20].

2.4 Potensi Senyawa Aktif pada Daun Kelor, Sembukan, dan Kapuk

Teori yang mendasari pemilihan ketiga daun ini adalah kandungan senyawa aktifnya yang telah teridentifikasi memiliki kemampuan berinteraksi dengan permukaan logam :

- Daun Kelor (*Moringa oleifera*): Kaya akan senyawa seperti tanin (polifenol) dan flavonoid. Gugus fenolik (-OH) yang banyak pada tanin dan flavonoid merupakan situs adsorpsi yang sangat baik melalui donor elektron ke logam. Saponin juga berpotensi sebagai surfaktan alami yang membantu penyebaran lapisan pelindung.
- Daun Sembukan (*Paederia foetida*): Mengandung alkaloid (seperti paederosida), flavonoid, dan tanin. Alkaloid, dengan atom nitrogennya, merupakan donor elektron yang kuat untuk membentuk ikatan koordinasi dengan besi, menjadikannya kandidat inhibitor yang potensial.
- Daun Kapuk (*Ceiba pentandra*): Mengandung flavonoid, tanin, dan saponin. Mekanisme inhibisinya mirip dengan daun kelor, di mana gugus hidroksil dari flavonoid dan tanin akan teradsorpsi membentuk lapisan polimer pelindung di permukaan baja.

2.5 Kinetika Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Laju korosi dapat diukur dengan berbagai Metode weight loss (kehilangan massa) adalah metode paling mendasar dan langsung Baja ST 37 [21]. Laju korosi (CR) dihitung dengan rumus:

$$CR = \frac{K.W}{A.t.\rho}$$

Keterangan:

CR = Laju korosi (mm per tahun)

K	= konstanta laju korosi = $8,76 \times 10^4$ (mm ² /jam)
W	= Massa yang hilang (g)
A	= Luas penampang spesimen (cm ²)
t	= Waktu perendaman (Jam)
Q	= Densitas Spesimen (gram/cm ³)

Efisiensi inhibisi (%) perhitungannya dihitung dengan membandingkan laju korosi dengan inhibitor dan tanpa inhibitor [22]:

$$\text{Efisiensi Inhibitor: } \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan: C_0 = Laju korosi tanpa inhibitor
 C_i = Laju korosi dengan menggunakan inhibitor

2.6 Hipotesis Kerja Teoritis

Berdasarkan teori di atas, dapat dirumuskan hipotesis kerja untuk penelitian ini:

- Ketiga ekstrak daun (kelor, sembukan, kapuk) akan menurunkan laju korosi baja ST 37 dalam air laut karena kandungan senyawa organik polarnya akan teradsorpsi secara kimia (*chemisorption*) pada permukaan baja, membentuk lapisan film pelindung.
- Variasi jenis ekstrak akan menghasilkan efisiensi inhibisi yang berbeda, yang terkait langsung dengan jenis, konsentrasi, dan berat molekul senyawa aktif utama yang terkandung di dalamnya, yang mempengaruhi kekuatan adsorpsi dan kepadatan lapisan film.
- Waktu perendaman yang lebih lama (1, 3, 5 hari) dalam larutan inhibitor akan meningkatkan ketebalan dan kepadatan lapisan film yang terbentuk, karena memberikan waktu yang cukup bagi proses adsorpsi dan orientasi molekul inhibitor untuk mencapai keadaan stabil dan maksimal pada permukaan logam, sehingga menghasilkan efisiensi inhibisi yang lebih tinggi.

3. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium untuk menganalisis efektivitas tiga ekstrak daun alami sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37 dalam media air laut.

3.1. Waktu dan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember, pada bulan November hingga Desember 2025. Desain penelitian adalah eksperimen lengkap (complete randomized design) dengan dua faktor perlakuan: (1) jenis ekstrak inhibitor (kelor, sembukan, kapuk), dan (2) durasi perendaman awal dalam inhibitor (1, 3, dan 5 hari). Satu kelompok kontrol (tanpa inhibitor) digunakan sebagai pembanding.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

- Bahan Uji: Plat baja ST 37 dengan ukuran 4 cm x 3 cm x 0,3 cm sebanyak 10 plat.
- Bahan Inhibitor: Daun kelor (*Moringa oleifera*), daun sembukan (*Paederia foetida*), dan daun kapuk (*Ceiba pentandra*) yang dikeringkan dan dihaluskan menjadi serbuk. Etanol 70% sebagai pelarut untuk ekstraksi.
- Media Korosi: Air laut sebagai lingkungan korosif.
- Alat Utama: Mesin gerinda, jangka sorong, timbangan digital, blender, saringan mesh 40, gelas ukur, gelas cup, kertas amplas (grid 400-600).

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengikuti diagram alir yang telah ditetapkan dan terdiri dari tahapan berikut:

- Preparasi Spesimen Baja: Plat baja ST 37 dipotong, dihaluskan dengan amplas, dibersihkan dengan etanol, ditimbang berat awalnya (initial weight), dan diukur dimensinya.

- b. Preparasi Inhibitor Alami: Serbuk masing-masing daun (40 gram) diekstraksi dengan etanol 70% (200 ml) menggunakan metode maserasi selama 24 jam. Larutan kemudian disaring untuk mendapatkan ekstrak murni.
- c. Aplikasi Inhibitor (*Pra-Perendaman*): Spesimen baja direndam dalam larutan ekstrak masing-masing daun dengan variasi waktu 1, 3, dan 5 hari. Spesimen kontrol direndam dalam etanol 70% tanpa ekstrak.
- d. Ekspos Korosi: Setelah dikeringkan, semua spesimen (termasuk kontrol) direndam dalam media air laut (150 ml/gelas) secara terpisah selama 30 hari dalam kondisi lingkungan terbuka.
- e. Pengambilan dan Pengukuran Data: Setelah 30 hari, spesimen diangkat, dibersihkan, dikeringkan, dan ditimbang untuk mendapatkan berat akhir lalu dihitung dengan pengukuran (*weight los*).
- f. Analisis Data:
 - 1) Laju Korosi: Dihitung menggunakan metode weight loss dengan rumus: $CR = (K \times W) / (A \times T \times Q)$, di mana K adalah konstanta (8.76×10^4 untuk satuan mm/tahun), W adalah selisih berat (g), A adalah luas permukaan (cm^2), T adalah waktu eksposur (jam), dan Q adalah densitas baja (7.74 g/cm^3).
 - 2) Efisiensi Inhibisi (%): Dihitung dengan membandingkan laju korosi sampel menggunakan inhibitor dengan sampel kontrol: $\%EI = (CR_{\text{kontrol}} - CR_{\text{inhibitor}}) / CR_{\text{kontrol}} \times 100\%$.

3.4. Variabel Penelitian

- a. Variabel Bebas: Jenis ekstrak daun (kelor, sembukan, kapuk) dan waktu perendaman dalam inhibitor (1, 3, 5 hari).
- b. Variabel Terikat: Laju korosi (mmpy), efisiensi inhibisi (%), dan morfologi permukaan baja.
- c. Variabel Kontrol: Jenis dan ukuran baja ST 37, volume dan jenis media korosi (air laut), lama ekspos korosi (30 hari), konsentrasi ekstrak (40 g/200 ml), dan suhu ruang.

3.5. Rencana Analisis Data

Data kuantitatif laju korosi dan efisiensi inhibisi akan disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif komparatif untuk membandingkan kinerja ketiga ekstrak dan pengaruh variasi waktu perendaman.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Mekanisme Kerja Inhibitor Organik

Inhibitor organik dari ekstrak daun kelor, sembukan, dan kapuk bekerja melalui mekanisme adsorpsi senyawa bioaktif (seperti tanin, flavonoid, alkaloid, dan saponin) yang kaya gugus fungsi polar ke permukaan baja ST 37. Gugus fungsi ini mendonorkan elektronnya kepada atom besi (Fe), membentuk lapisan pelindung di permukaan logam. Lapisan ini berfungsi sebagai penghalang fisik yang mengisolasi baja dari ion klorida dalam air laut, sehingga memutus kontak langsung dan menghambat reaksi elektrokimia korosi di anoda dan katoda. Akibatnya, proses korosi melambat secara signifikan, membuktikan efektivitas ekstrak daun sebagai inhibitor korosi alami yang ramah lingkungan.

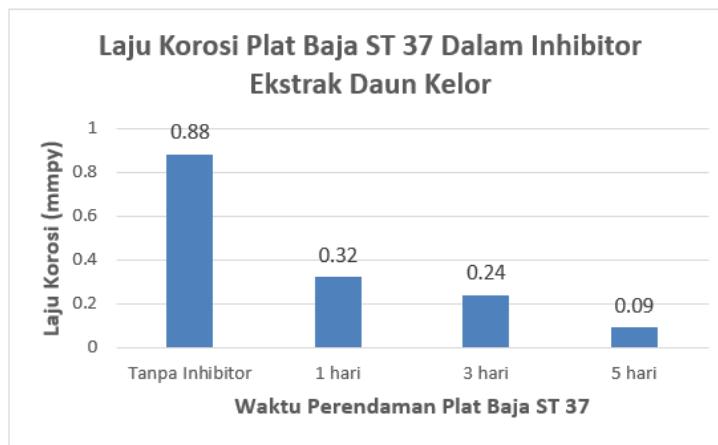
4.2 Hasil Uji Laju Korosi

Analisis menggunakan metode weight loss pada baja ST 37 menunjukkan bahwa sampel kontrol (tanpa inhibitor) mengalami pengurangan massa dan laju korosi tertinggi setelah 30 hari perendaman di air laut. Sebaliknya, sampel yang telah diberi perlakuan maserasi dengan inhibitor organik (ekstrak daun kelor, sembukan, dan kapuk) dengan variasi durasi 1, 3, dan 5 hari menunjukkan penurunan massa yang lebih kecil. Data lengkap mengenai selisih massa akhir dan laju korosi (dalam mmpy) dari setiap perlakuan disajikan dalam tabel hasil pengujian.

1) Inhibitor Ekstrak Daun kelor

Ekstrak daun kelor menunjukkan efektivitas tertinggi sebagai inhibitor, dengan penurunan laju korosi paling rendah dibandingkan daun sembukan dan kapuk. Hal ini dikaitkan dengan kandungan taninnya yang tertinggi, yaitu 12,55%. Hasil uji menunjukkan tren bahwa semakin lama waktu perendaman dalam larutan inhibitor, laju korosi semakin menurun. Secara spesifik, laju korosi tercatat 0,32 mmpy pada

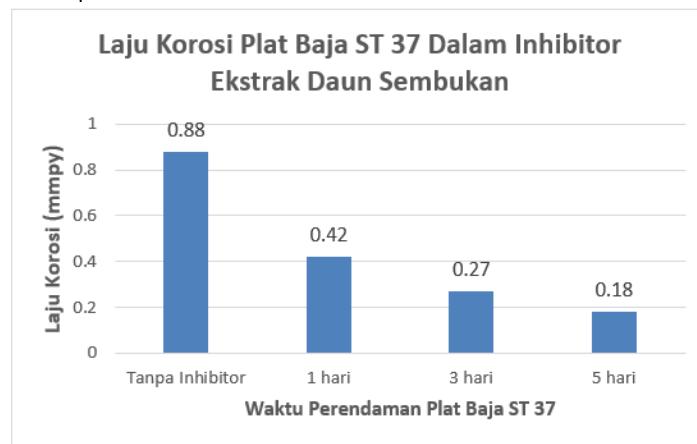
perendaman 1 hari, turun menjadi 0,24 mmpy pada perendaman 3 hari, dan mencapai 0,09 mmpy setelah perendaman 5 hari.



Gambar 1. Diagram Batang Laju Korosi Pada Plat Baja ST 37 Dengan Inhibitor Daun Kelor

2) Inhibitor Ekstrak Daun Sembukan

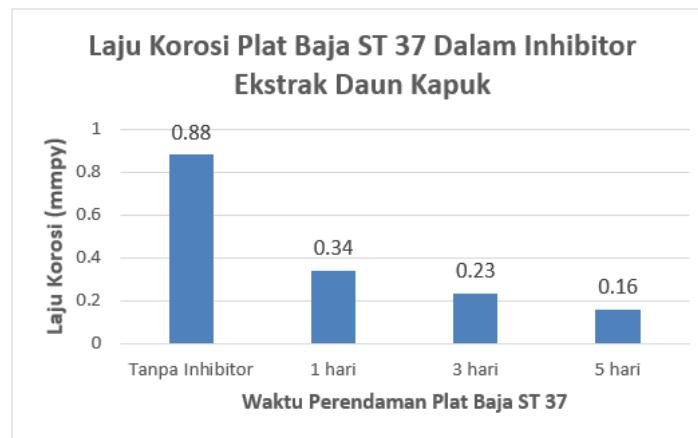
Ekstrak daun sembukan menunjukkan penurunan laju korosi tertinggi (paling kurang efektif) dibandingkan dengan daun kapuk dan kelor, yang berkorelasi dengan kandungan taninnya yang paling rendah (12.00%). Namun, efektivitasnya meningkat seiring dengan bertambahnya lama waktu perendaman. Laju korosi tercatat sebesar 0,42 mmpy pada perendaman 1 hari, turun menjadi 0,27 mmpy pada perendaman 3 hari, dan mencapai 0,18 mmpy setelah perendaman 5 hari.



Gambar 2. Diagram Batang Laju Korosi Pada Plat Baja ST 37 Dengan Inhibitor Daun Sembukan

3) Inhibitor Ekstrak Daun Kapuk

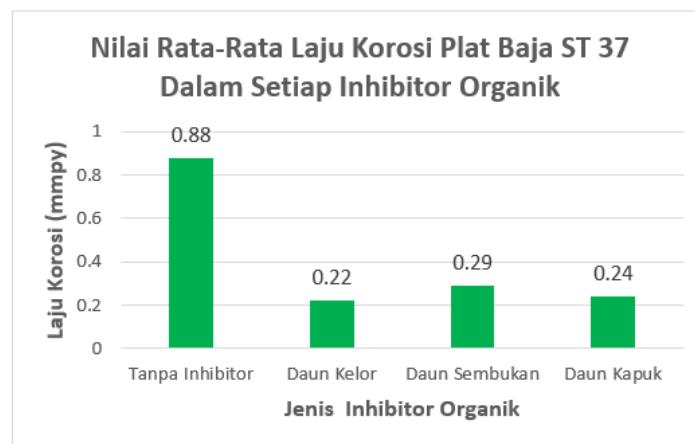
Ekstrak daun kapuk menunjukkan penurunan laju korosi yang lebih tinggi (kurang efektif) dibandingkan daun kelor, yang disebabkan oleh kandungan taninnya yang lebih rendah, yaitu 12,35%. Namun, kinerjanya tetap mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Laju korosi tercatat 0,34 mmpy pada perendaman 1 hari, turun menjadi 0,23 mmpy pada perendaman 3 hari, dan mencapai 0,16 mmpy setelah perendaman 5 hari.



Gambar 3. Diagram Batang Laju Korosi Pada Plat Baja ST 37 Dengan Inhibitor Daun Kapuk

4.3. Analisis Efektifitas Inhibitor Organik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan durasi perendaman berpengaruh positif terhadap efektivitas penghambatan korosi, di mana semakin lama waktu perendaman, semakin besar kemampuan inhibitor dalam menurunkan laju korosi. Secara keseluruhan, ekstrak daun kelor mencatat rata-rata laju korosi terendah (paling efektif) sebesar 0,22 mmpy, diikuti oleh ekstrak daun kapuk dengan rata-rata 0,24 mmpy, dan ekstrak daun sembukan dengan rata-rata tertinggi 0,29 mmpy.



Gambar 4. Nilai Rata-Rata Laju korosi Pada Plat Baja ST 37 Ketiga Jenis Inhibitor

Ekstrak daun kelor terbukti sebagai inhibitor paling efektif dalam menurunkan laju korosi, berkat kandungan tanin tertingginya (12,55%) yang mampu membentuk lapisan pelindung optimal di permukaan logam. Meskipun ekstrak daun sembukan dan kapuk juga menunjukkan kemampuan menurunkan laju korosi, daya perlindungan keduanya terhadap serangan ion korosif air laut tidak sekuat daun kelor.

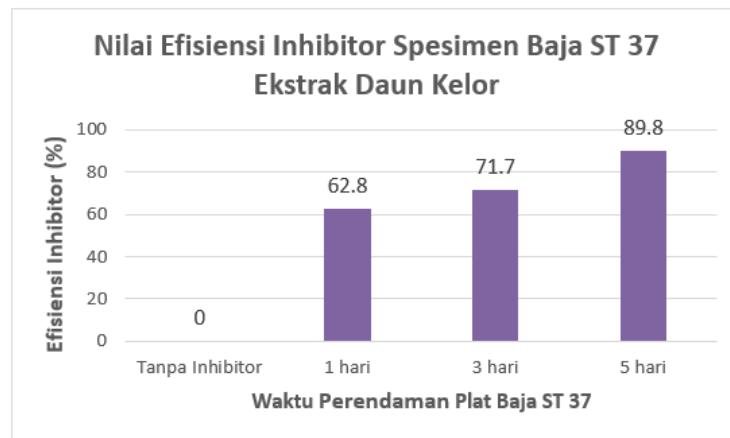
4.4. Efisiensi Inhibitor Organik

Analisis menunjukkan bahwa perhitungan efisiensi inhibitor organik sangat penting untuk mengevaluasi kinerjanya sebagai penghambat korosi. Metode ini membandingkan laju korosi material tanpa inhibitor dan dengan inhibitor, menghasilkan data kuantitatif tentang efektivitasnya. Hasil perhitungan ini memungkinkan evaluasi performa berbagai jenis inhibitor dan penentuan waktu perendaman yang optimal, sehingga berkontribusi pada pengembangan inhibitor organik yang efektif dan berkelanjutan. Berikut adalah nilai efisiensi masing-masing inhibitor organik yang diujikan pada plat Baja ST 37.

a. Efisiensi Inhibitor Daun Kelor

Inhibitor daun kelor memiliki nilai efisiensi tertinggi dibandingkan inhibitor lainnya, membuktikan efektivitasnya dalam menurunkan laju korosi pada baja ST 37. Efisiensi

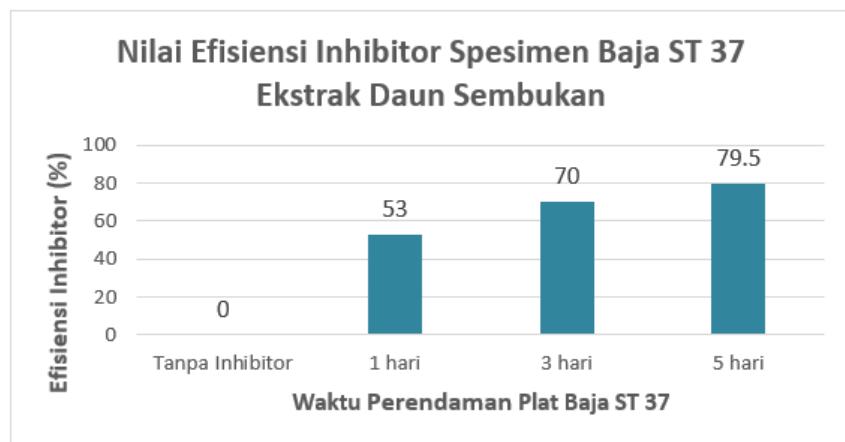
yang dicapai adalah 62,8% pada perendaman 1 hari, meningkat menjadi 71,7% pada perendaman 3 hari, dan mencapai nilai tertinggi 89,8% setelah perendaman 5 hari.



Gambar 5. Diagram Nilai Effisiensi Inhibitor Spesimen Baja ST 37 Ekstrak Daun Kelor

b. Efisiensi Inhibitor Daun Sembukan

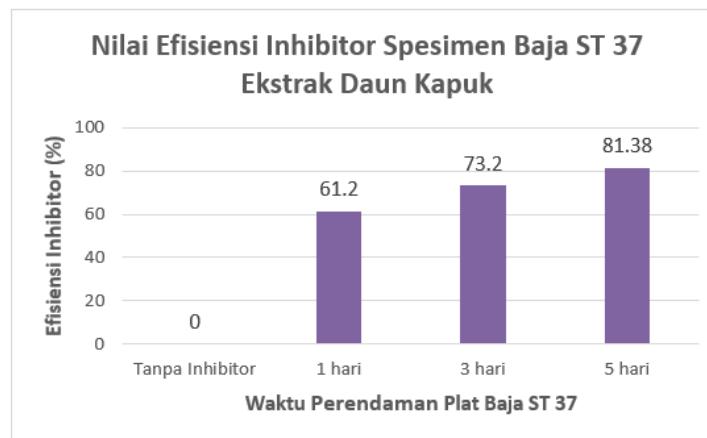
Inhibitor daun sembukan memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan inhibitor lainnya, menunjukkan efektivitas yang lebih rendah dalam menurunkan laju korosi pada baja ST 37. Efisiensi yang dicapai adalah 53% pada perendaman 1 hari, meningkat signifikan menjadi 70% pada perendaman 3 hari, dan mencapai nilai tertinggi 79,5% setelah perendaman 5 hari.



Gambar 6. Diagram Nilai Effisiensi Inhibitor Spesimen Baja ST 37 Ekstrak Daun Sembukan

c. Efisiensi Inhibitor Daun Kapuk

Ekstrak daun kapuk menunjukkan kemampuan menekan laju korosi pada baja ST 37 dengan efisiensi yang meningkat secara konsisten. Nilai efisiensinya tercatat 61,2% pada perendaman 1 hari, naik menjadi 73,2% pada perendaman 3 hari, dan mencapai puncak 81,38% setelah perendaman 5 hari.



Gambar 7. Diagram Nilai Effisiensi Inhibitor Spesimen Baja ST 37 Ekstrak Daun Kapuk

5. Perbandingan

Penelitian ini menempati posisi terkini (*state of the art*) dalam bidang inhibitor korosi ramah lingkungan dengan mengisi celah (*research gap*) berupa analisis komparatif langsung terhadap kinerja tiga ekstrak daun lokal (kelor, sembukan, kapuk) pada material dan lingkungan yang sama yakni baja ST 37 dalam media air laut. Sebagian besar studi terdahulu hanya menguji satu jenis ekstrak pada kondisi beragam, sehingga temuan penelitian ini memberikan data yang lebih aplikatif dan spesifik untuk pengembangan green inhibitor yang optimal di sektor maritim dan industri. Pendekatan ini sejalan dengan tren global untuk menggantikan inhibitor sintetik dengan alternatif alami yang berkelanjutan.

6. Kesimpulan

Penelitian membuktikan bahwa ekstrak daun kelor, sembukan, dan kapuk efektif sebagai inhibitor organik untuk menekan laju korosi baja ST 37 dalam air laut. Ekstrak daun kelor menunjukkan kinerja terbaik dengan laju korosi terendah (0,09 mm/py) dan efisiensi tertinggi (89,90%) setelah perendaman 5 hari, diikuti oleh daun kapuk (0,16 mm/py; 81,38%) dan daun sembukan (0,18 mm/py; 79,50%). Efektivitas ini berkorelasi positif dengan kandungan tanin (kelor: 12,55%, kapuk: 12,35%, sembukan: 12,00%) dan durasi perendaman inhibitor.

Kontribusi Penulis: Penulis berkontribusi secara utama dalam mendesain dan melaksanakan keseluruhan penelitian. Kontribusi mencakup: 1) perancangan eksperimen untuk menguji dan membandingkan secara langsung ketiga ekstrak daun pada kondisi yang terkontrol, 2) preparasi material (baja ST 37) dan ekstraksi inhibitor dari daun kelor, sembukan, dan kapuk, 3) pelaksanaan prosedur perendaman variatif dan pengujian korosi, 4) pengambilan serta analisis data kuantitatif (laju korosi, efisiensi) dan kualitatif (morfologi permukaan), serta 5) interpretasi hasil yang menghubungkan kinerja inhibitor dengan kandungan tanin dan durasi perendaman, sehingga menghasilkan rekomendasi aplikatif dan identifikasi celah untuk penelitian lanjutan.

Pendanaan: Penelitian ini dilaksanakan secara mandiri (self-funded) oleh penulis tanpa adanya sumber pendanaan eksternal dari lembaga pemberi hibah, institusi, atau organisasi komersial manapun. Seluruh biaya yang terkait dengan pengadaan bahan, penggunaan alat laboratorium, dan operasional penelitian ditanggung secara pribadi oleh peneliti.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis yang bersangkutan atas permintaan yang wajar. Data tersebut mencakup catatan laboratorium, data pengukuran mentah (raw data) untuk perhitungan laju korosi dan efisiensi.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus kepada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember atas fasilitas laboratorium dan dukungan teknis yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta dorongan secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan finansial maupun non-finansial apapun yang dapat mempengaruhi hasil atau interpretasi dari penelitian yang dilaporkan dalam karya ilmiah ini.

Referensi

- [1] E. D. Kusumawati and V. P. Fahriani, "Studi Baja Karbon Rendah Terhadap Laju Korosi," vol. 5, no. 2, pp. 59–65, 2024.
- [2] R. Sholihin, M. Yudi M. ; Aljabbar, "Journal of Systems Engineering and Management Analisis Potensi Risiko Lingkungan Segmen Rivercrossing Pipa Penyalur Gas Diameter 30," vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2023.
- [3] Rahmat Ridlo Aminuddin, Ari Wibawa Budi Santosa, and Hartono Yudo, "Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 368–374, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [4] W. Santoso and U. M. Amni, "KEBAKARAN SESUAI INTERNATIONAL SAFETY MANAGEMENT (ISM) CODE dari tempat tolak (Pelabuhan keberangkatan) menuju tempat tiba (Pelabuhan kedatangan) disebut sebagai pelaksanaan International Safety Management (ISM) Code . oleh International Maritime ,," vol. 25, no. September, pp. 29–39, 2024, doi: 10.33556/jstm.
- [5] B. Karbon, D. Lingkungan, and G. Klorida, "JurnalReaksi (Journal of Science and Technology) JurusanTeknik Kimia PoliteknikNegeriLhokseumawe Vol. 22 No.02, December 2024 ISSN1693-248X," vol. 22, no. 02, pp. 111–115, 2024.
- [6] M. T. R. Syah, K. Kosjoko, N. A. Mufarida, and N. Nurhalim, "Efektivitas Inhibitor Organik terhadap Laju Korosi pada Plat Baja ST 40," *J. Penelit. Inov.*, vol. 5, no. 3, pp. 2585–2594, 2025, doi: 10.54082/jupin.1801.
- [7] A. M. Al-Turkustani and M. M. Al-Solmi, "Corrosion Inhibition of Aluminum in Acidic Solution by Aqueous Extract of Ajowan Plant as Green Inhibitor," *J. Asian Sci. Res.*, vol. 1, no. 7, pp. 346–358, 2023.
- [8] Ni Putu Gayatri Dewi Dasi and Ni Putu Eka Leliqia, "Review: Studi Kandungan Fitokimia dan Aktivitas Antimikroba Kecombrang (Etlingera elatior)," *Pros. Work. dan Semin. Nas. Farm.*, vol. 1, pp. 193–202, 2023, doi: 10.24843/wsnf.2022.v01.i01.p16.
- [9] M. Yusuf, R. Rahmaniah, and S. R. A. Rani, "Uji Laju Korosi Dengan Menggunakan Inhibitor Daun Kelor Untuk Besi Hollow (Baja Galvalum) Dalam Medium Air Hujan," *J. Online Phys.*, vol. 8, no. 3, pp. 87–92, 2023, doi: 10.22437/jop.v8i3.25215.
- [10] E. Novitaningrum, M. A. Setiawan, and A. Trisnawati, "Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Etanol dari Daun Sembukan (Paederia foetida L) Sebagai Inhibitor Korosi Logam Besi pada Larutan HCl 1M dan Air Laut The Concentration Effect of Sembukan Leaf (Paederia Foetida L) Extract as Ferrous Metal Corrosión Inhibitor to," *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 3, pp. 2460–8203, 2023.
- [11] J. T. Mesin and U. Mataram, "CORROSION INHIBITOR FROM KAPOK TREE LEAVES WITH GOOD PENDAHULUAN Korosi logam menjadi salah satu tantangan utama dalam berbagai bidang industri terutama pada industri pengolahan logam , kimia , petrokimia serta perminyakan dan gas (Makhlof et al ., 2018," vol. 7, no. 2, pp. 219–228, 2025, doi: 10.20527/jtam.
- [12] "5) 1,3," vol. 6, pp. 95–102, 2024.
- [13] S. Risqi, A. Rani, and K. Abidin, "PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR ALAMI EKSTRAK LIMBAH KULIT JAGUNG TERHADAP LAJU KOROSI MATERIAL BAJA ST 37 DALAM MEDIUM NaCl 3%," pp. 116–127, 2024.
- [14] B. H. Kusuma and W. S. Pranowo, "Pengaruh kondisi oseanografi terhadap laju korosi plat baja ki-a di perairan teluk banten pada musim peralihan ii," vol. 10, no. 2, pp. 91–104, 2024.
- [15] I. Pengaruh, V. Air, and L. Terhadap, "Ring Mechanical Engineering (RING ME)," vol. 4, no. 1, pp. 49–55.
- [16] J. Inovasi, S. Dan, and T. Kelautan, "Zona laut," vol. 3, no. 2, pp. 7–12, 2022.
- [17] Y. Ciawi and Y. Ramona, "Korosi Mikroba pada Infrastruktur Logam: Tantangan dan Strategi Pengelolaan Berkelanjutan," *Nata Palembahan J. Environ. Eng. Innov.*, vol. 1, no. 2, pp. 42–51, 2024, doi: 10.38043/natapalembahan.v1i2.5652.
- [18] S. Inhibitor, K. Di, and D. Baroh, "PELATIHAN PEMBUATAN EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH," vol. 7, pp. 65–71, 2023.
- [19] L. Octavia, P. Hermien, J. T. Kimia, P. N. Malang, J. Soekarno, and H. No, "PENINGKATAN EFISIENSI INHIBISI EKSTRAK KULIT BUAH PISANG KEPOK (MUSA PARADISIACA F) SEBAGAI GREEN CORROSION INHIBITOR MENGGUNAKAN PELARUT POLAR," vol. 10, no. 9, pp. 532–541, 2024.
- [20] P. Pendidikan, P. Insinyur, U. K. Petra, and J. S. Setiadji, "Aplikasi Katodik Proteksi Dengan Sistem Anoda Korban Untuk Mencegah Korosi Pada Pipa Logam," vol. 3, pp. 9–15, 2025.
- [21] M. N. Fajar, M. Afiq, F. Maulana, H. Arifin, D. Setyo, and A. Maysyurah, "Pengaruh Media Penyimpanan Tulangan Baja Terhadap laju korosi menggunakan metode Weight Loss," vol. 19, no. 27, pp. 138–147, 2024.
- [22] T. Laju, K. Pada, and B. Ss, "H 2 so 4," vol. 1, no. April, pp. 1–10, 2025.