

Diterima 23 September 2024
Disetujui 15 Januari 2025
Dipublikasikan 15 September 2024

DOI: 10.32938/jcsa.v2i2.8026

Penggunaan Ekstrak Biji Kusambi (*Schleichera Oleosa*) sebagai Green Inhibitor Korosi pada Baja Karbon ASTM A36 dalam Media Garam

Maria Selestina Tefa^a, Matius Stefanus Batu^a, Eduardus Edi^a

Abstrak

Penelitian ini mengenai penggunaan ekstrak biji kusambi (*schleichera oleosa*) sebagai green inhibitor korosi pada baja karbon ASTM A36 dalam media garam telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak biji kusambi, untuk mengetahui karakteristik morfologi permukaan baja karbon ASTM A36 tanpa inhibitor dan dengan inhibitor dan untuk mengetahui berapa lama waktu perendaman dan suhu optimum pada inhibisi korosi terhadap baja ASTM A36 ekstrak biji kusambi dalam media garam. Proses ekstraksi biji kusambi dilakukan dengan metode maserasi dengan menggunakan pelarut metanol. Analisis fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak biji kusambi mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid yang memiliki sifat antioksidan dan anti korosif. Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) menunjukkan bahwa ekstrak biji kusambi mengandung gugus hidroksil O-H, gugus CH alifatik, gugus karbonil C=O, gugus C-O. Analisis SEM (*Scanning electron microscopy*) menunjukkan perbedaan morfologi permukaan baja yang dilapisi oleh ekstrak biji kusambi dibandingkan dengan baja yang tidak dilapisi, terlihat bahwa permukaan baja yang dilapisi ekstrak biji kusambi lebih tertutup dibandingkan dengan baja yang tidak dilapisi ekstrak biji kusambi walaupun masih ada gumpalan dan lubang-lubang kecil yang tidak merata. Hasil optimum pada proses inhibisi korosi didapatkan pada waktu perendaman 9 hari dengan efisiensi inhibisi sebesar 88,19% dan laju korosi sebesar 0,8819 mm/p dan pada suhu 30°C dengan efisiensi inhibisi sebesar 88,40% dan laju korosi sebesar 0,8840 mm/p.

Kata Kunci: *baja ASTM A36, biji kusambi, efisiensi inhibisi, inhibitor korosi.*

1. Pendahuluan

Korosi merupakan suatu proses degradasi material atau hilangnya suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas akibat adanya proses elektrokimia yang terjadi antara material dengan lingkungannya. Korosi selalu melibatkan 2 reaksi yang berkesinambungan yakni reaksi reduksi dan oksidasi (reaksi redoks) dimana reaksi ini berlangsung akibat suatu logam lebih stabil berada dalam kondisi teroksidasi daripada tereduksi secara termodynamika.¹ Perkaratan atau korosi ini merupakan masalah yang sering dijumpai dalam kehidupan masyarakat karena banyak konstruksi dan peralatan yang material dasarnya berasal dari baja dan logam seperti konstruksi gedung, jembatan, kapal dan lain sebagainya. Salah satu material yang mudah mengalami korosi adalah baja karbon ASTM A36.

Baja karbon ASTM A36 merupakan material penting yang digunakan pada industri perkapalan sebagai material konstruksi lambung kapal. Penggunaan yang dilakukan secara terus menerus dapat menyebabkan korosi pada lambung kapal karena sering kontak langsung dengan air laut, udara dan zat-zat lainnya. Akibat dari korosi ini dapat memicu kebocoran dan ketangguhan material akan berkurang. Fenomena korosi yang terjadi tidak sepenuhnya dapat dicegah, tetapi lajunya dapat dikurangi sehingga dibutuhkan upaya untuk menghambat laju korosi yang terjadi. Salah satu upaya yang sering digunakan untuk menghambat laju korosi yaitu dengan cara penambahan inhibitor.

Inhibitor merupakan zat yang dapat menurunkan laju korosi suatu material apabila ditambahkan pada suatu lingkungan korosif.

Ada dua jenis inhibitor yaitu inhibitor anorganik dan organik. Inhibitor anorganik umumnya disintesis dari bahan kimia dimana bahan kimia ini bersifat berbahaya, biayanya mahal, serta tidak ramah lingkungan sedangkan inhibitor organik adalah inhibitor yang disintesis dari alam yang berasal dari tumbuhan, seperti pada akar, kulit, daun, buah, dan biji sehingga inhibitor organik lebih layak untuk dipakai. Inhibitor organik yang dihasilkan dari ekstraksi bahan alam merupakan solusi yang tepat dan aman untuk dipakai sebab mudah diperoleh, bersifat biodegradable, aman, ekonomis, dan ramah lingkungan.²

Syarat dari inhibitor yang diekstrak dari bahan alam haruslah mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom lain yang memiliki pasangan elektron bebas sehingga mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam.³ Kandungan kimia dari ekstrak tanaman seperti flavonoid, polifenol, alkaloid, saponin, dan tanin juga berpotensi untuk menghambat laju korosi pada logam dalam lingkungan yang berbeda dan biasanya diekstrak dari beberapa bagian tanaman seperti daun, biji, buah dan bunga. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi adalah tanaman kusambi.

Tanaman Kusambi (*schleichera oleosa*) merupakan salah satu jenis tanaman yang sangat familiar dan muda ditemukan di setiap daerah di Indonesia salah satunya di Pulau Timor NTT. Tanaman kusambi di Pulau Timor NTT belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat setempat karena kurangnya pemahaman masyarakat tentang manfaat dari tanaman tersebut. Meskipun demikian tanaman ini banyak dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan *staphylococcus aureus*, sebagai antioksidan dalam pembuatan obat-obatan dan pembuatan biodiesel. Penggunaan tanaman kusambi sebagai inhibitor korosi baja ASTM A36 belum pernah dilakukan atau dilaporkan. Berdasarkan struktur molekulnya, senyawa-senyawa ini dapat bertindak sebagai inhibitor korosi karena memenuhi kriteria inhibitor dari senyawa organik seperti adanya

^aProgram Studi Kimia, Universitas Timor, Kefamenanu 85613, Indonesia. Email:

heteratom, gugus polar, ikatan π dan pasangan elektron bebas yang menjadi sarana bagi inhibitor berikatan dengan logam secara koordinasi.

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas maka, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak biji kusambi dan untuk mengetahui bagaimana karakteristik morfologi permukaan pengujian SEM baja ASTM A36 tanpa inhibitor dan baja yang dilindungi inhibitor ekstrak biji kusambi dan untuk mengetahui sejauh mana efisiensi inhibitor dalam poses perlindungan dari serangan korosi pada baja ASTM A36 tanpa inhibitor dan baja yang dilindungi inhibitor ekstrak kusambi.

2. Eksperimen

2.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah biji kusambi (*schleichera oleosa*) yang diambil dari Desa Fatuneno, Kecamatan Miomaffo Barat, Kabupaten TTU-NTT, Air Laut, metanol (merck), aseton (merck), kertas saring, *tissue* dan aquades.

2.2 Preparasi Serbuk Biji Kusambi

Biji kusambi sebanyak 4 kg dibersihkan dari kotoran, dicuci menggunakan aquades. biji kusambi yang telah bersihkan kemudian dipotong kecil-kecil dan dikering anginkan selama 7 hari kemudian dioven selama 5 jam pada suhu 45°C sampai beratnya konstan. biji kusambi yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender, kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh sehingga diperoleh serbuk biji kusambi. Serbuk yang telah diayak disimpan dalam kondisi kering selanjutnya digunakan pada proses ekstraksi.

2.3 Ekstraksi Biji Kusambi

Sebanyak 500 gram serbuk kusambi direndam menggunakan metanol dengan perbandingan 1:3 (b/v), selanjutnya campuran dilakukan maserasi selama 5 hari dan dishaker 1-2 jam, kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtratnya. Filtrat yang dihasilkan kemudian dilakukan evaporasi menggunakan *rotary vaccum evaporator* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 45 °C sampai pelarutnya menguap sehingga didapatkan ekstrak biji kusambi. Selanjutnya ekstrak biji kusambi dilakukan uji fitokimia dan analisis gugus fungsi menggunakan instrumen FTIR.

2.4 Analisis Fitokimia

2.4.1. Uji Alkaloid

Sampel sebanyak 2 mL dimasukan kedalam tabung reaksi ditambahkan 1 mL HCN 2 N dan 6 mL air laut lalu dipanaskan selama 2 menit, dingin kan dan saring. Kemudian larutan di bagi ke dalam 3 tabung. Tabung pertama ditambahkan 2-3 tetes reagen dragendorff, tabung kedua 2-3 tetes reagen mayer dan tabung ketiga ditambahkan 2-3 tetes wagner. Hasil uji dinyatakan positif bila dengan reagen mayer terbentuk endapan putih kekuningan dan endapan merah sampai jingga dengan reagen dragendorff dan endapan berwarna coklat dengan reagen wagner.

2.4.2. Uji Flavonoid

Sebanyak 1 mL ekstrak biji kusambi ditambahkan dengan 5 mL air panas, dididihkan selama 5 menit, kemudian di saring. Filtrat sebanyak 2 mL ditambahkan serbuk Mg dan 1 ml HCl pekat, kemudian di kocok kuat-kuat. Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah, kuning atau jingga.

2.4.3. Uji Steroid

Sampel ekstrak metanol biji kusambi diambil sebanyak 1 mL dilarutkan dalam 2 mL klorofrom dalam tabung reaksi, lalu tambahkan 10 tetes asam anhidrat asetat dan 2 mL H_2SO_4 pekat

kemudian dicampur secara perlahan-lahan, Jika terbentuk warna biru atau hijau positif senyawa steroid.⁴

2.4.4. Uji Triterpenoid

Sampel ekstrak metanol biji kusambi dimasukan kedalam tabung reaksi sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan 10 tetes asam asetat anhidrida dan 3 tetes asam sulfat pekat, lalu digojok larutan secara perlahan dan biarkan selama beberapa menit. Jika terbentuk warna merah atau ungu menandakan positif senyawa triterpenoid.⁴

2.4.5. Uji Saponin

Sampel ekstrak metanol biji kusambi diambil sebanyak 1 mL ditambahkan 3 mL air sambal dikocok selama 1 menit, lalu ditambahkan 2 tetes HCl 1 N. Bila busa terbentuk tetap stabil, maka ekstrak positif dan mengandung saponin.⁴

2.4.6. Uji Tanin

Sampel ekstrak metanol biji kusambi ditambahkan 5 mL aquades kemudian dididihkan. Setelah dingin filtrat ditambahkan 5 tetes FeCl 1%. Apabila terjadi perubahan warna menjadi biru tua, berarti sampel mengandung tannin.⁴

2.4.7. Uji Fenolik

Sampel ekstrak metanol biji kusambi dimasukan kedalam tabung reaksi sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan NaOH 10%. Apabila terbentuk warna merah menandakan positif senyawa fenolik.⁴

2.5 Preparasi Spesimen Baja ASTM A36

Untuk pengujian *weight loss* (metode pengurangan berat) digunakan sampel atau spesimen baja karbon ASTM A36 dengan diameter 3 cm x 3 cm dengan ketebalan 0,2 mm dihaluskan permukaannya dengan ampelas besi kemudian dicuci menggunakan aquades lalu dibilas dengan aseton, selanjutnya baja ASTM A36 dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 1 jam. Baja ASTM A36 ditimbang untuk mengetahui berat awal.

2.6 Pengujian Efisiensi Inhibisi Menggunakan Metode Pengurangan Berat

2.6.1. Variasi Waktu Perendaman

Spesimen Baja Karbon ASTM A36 ditimbang dengan neraca analitik untuk mengetahui massa awalnya, kemudian direndam dalam gelas kimia yang berisi 150 mL air laut tanpa inhibitor dan untuk inhibitor baja ASTM A36 dilapisi (*coating*) menggunakan ekstrak biji kusambi selama 1 jam kemudian direndam menggunakan air laut dengan menggunakan variasi waktu 3,6,9,12, dan 15 hari. Setelah perendaman dengan waktu yang ditetapkan, specimen baja dikeluarkan, dicuci dengan aquades lalu dibilas menggunakan aseton dan dikeringakan dalam oven pada suhu 70 °C selama 1 jam setelah itu ditimbang untuk mengetahui nilai efisiensi inhibisi dan laju korosi.

2.6.2. Variasi suhu

Spesimen Baja Karbon ASTM A36 ditimbang dengan neraca analitik untuk mengetahui massa awalnya, kemudian direndam menggunakan

2.7 Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Spesimen baja ASTM A36 dianalisis morfologi permukaannya menggunakan instrument SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan perbesaran 1.000 kali. Spesimen yang dipakai merupakan baja ASTM A36 yang direndam dalam media korosi tanpa inhibitor dan dengan inhibitor yang mempunyai % efisiensi inhibisi paling tinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Ekstraksi Serbuk Biji Kusambi

Proses ekstraksi biji kusambi melalui beberapa tahap yaitu tahap pembersihan dan pengecilan ukuran biji kusambi dengan tujuan untuk mempermudah pada saat proses ekstraksi. Tahap selanjutnya

proses pengeringan, yang dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara dikering anginkan pada suhu kamar dengan tujuan agar sampel tidak rusak pada saat proses pengeringan menggunakan oven pada suhu rendah dan proses pengeringan menggunakan oven dengan suhu 45 °C dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air dan mencegah senyawa-senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam sampel biji kusambi sehingga tidak rusak (Abi dkk.,2023). Proses ekstraksi biji kusambi dilakukan dengan metode maserasi dengan menggunakan pelarut metanol. Metanol dipilih sebagai pelarut pada proses perendaman karena metanol merupakan pelarut yang mampu mengikat senyawa nonpolar, semipolar, dan polar yang ada dalam sampel. Selama masa ekstraksi, metanol menembus dinding sel sampel dan masuk kedalam sel, mlarutkan dan mengekstraksi sepenuhnya senyawa metabolit sekunder yang ada dalam sampel.²

Pada penelitian ini, proses ekstraksi perendaman dilakukan selama 5 hari. Ekstraksi suatu sampel akan berlangsung sempurna jika prosesnya berlangsung sekitar 5 hari dan dibantu dengan pencampuran menggunakan shaker dengan kecepatan 200 rpm selama 1 hingga 2 jam. Dengan tujuan supaya terjadi kontak antara



Gambar 1. Ekstrak biji kusambi.

sampel dengan pelarut sehingga memperoleh hasil yang baik. Filtrat setelah perendaman diuapkan dalam *rotary evaporator* untuk menghilangkan pelarutnya agar ekstrak tidak rusak pada suhu tinggi. Ekstrak biji kusambi dapat dilihat pada **Gambar 1**.

3.2 Skrining Fitokimia Ekstrak Biji Kusambi

Analisis fitokimia dilakukan untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak biji kusambi. Hasil analisis fitokimia biji kusambi ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil analisis fitokimia dari ekstrak metanol biji kusambi

No	senyawa	Pereaksi	Warna	Hasil uji	Keterangan
1	Alkaloid	-Mayer	-Endapan Putih/Keruh	-Keruh	+
		-Wagner	-Endapan coklat	-	+
		-Dragendorf	-Endapan jingga	-Endapan coklat	+
2	Tanin	FeCl ₃	Hijau kehitaman /Biru kehitaman	-Endapan jingga	+
3	Flavonoid	Logam Mg, HCl	Merah atau Oranye	Merah / orange	+
4	Streoid	Liberman Bauchard	Biru	Kemerahan	-
5	Triterpenoid	Liberman Bauchard	Merah atau ungu	Kemerahan	+
6	Saponin	Aquades	Terbentuk busa/buih	Tidak berbentuk busa/buih	-

Dari **Tabel 1** terlihat bahwa dalam ekstrak biji kusambi (*schleichera oleosa*) mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid dan triterpenoid. Senyawa-senyawa metabolit sekunder tersebut merupakan senyawa organik yang dapat berperan sebagai inhibitor korosi karena mempunyai sisi aktif berupa pasangan elektron bebas, heteroatom, dan memiliki ikatan rangkap yang merupakan sarana untuk teradsorpsi pada permukaan logam. Hal ini menyebabkan ekstrak biji kusambi berpotensi sebagai inhibitor untuk mencegah korosi pada baja.

3.3 Analisis FTIR Ekstrak Biji Kusambi

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) pada ekstrak biji kusambi dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan mengkonfirmasi hasil analisis fitokimia terkait kandungan senyawa-senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak biji kusambi. Analisis FTIR ini dapat dilakukan dengan menganalisis spektrum yang telah diperoleh sesuai dengan puncak yang terbentuk oleh suatu gugus fungsi. Setiap gugus fungsi yang identik dengan ekstrak, memiliki

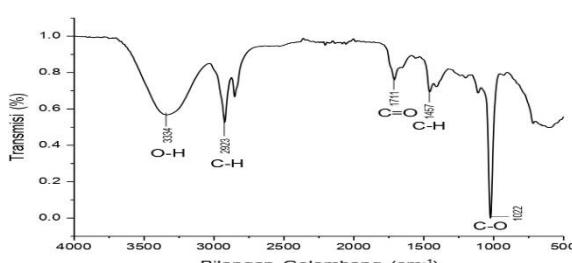
bilangan gelombang serapan tertentu.⁵ Pengujian dilakukan pada bilangan gelombang didaerah IR 4000-500 cm⁻¹. Spektrum FTIR ekstrak biji kusambi dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Dari **Gambar 2** mengenai spektrum FTIR ekstrak metanol biji kusambi terdapat beberapa peak. Peak ini memiliki nilai bilangan gelombang yang akan dihubungkan dengan gugus fungsi dan golongan senyawa seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil analisis gugus fungsi

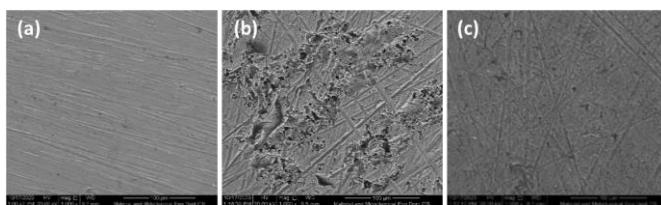
Bilangan gelombang	Gugus fungsi	Senyawa metabolit sekunder
3334	O-H	T, A, F
2923	C-H	T, A, F
1711	C=O	T, A, F
1457	C-H	T, A, F
1022	C-O	T, F

Keterangan (T= Triterpenoid ; A=Alkaloid; F=Flavonoid)



Gambar 2. Spektrum FTIR ekstrak metanol biji kusambi.

Spektrum FTIR pada **Gambar 2** dan dijelaskan pada **Tabel 2** menunjukkan hubungan antara bilangan gelombang pada spektrum inframerah (IR) dengan gugus fungsi dan senyawa metabolit sekunder. Beberapa gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak biji kusambi diantaranya gugus hidroksil O-H muncul pada bilangan gelombang 3334 cm⁻¹ yang ditemukan pada senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, dan triterpenoid. Gugus C-H alifatik muncul pada bilangan gelombang 2923 cm⁻¹ dan juga pada bilangan gelombang 1457 cm⁻¹ yang merupakan gugus fungsi umum pada senyawa organik yang ditemukan pada senyawa metabolit



Gambar 4. Citra SEM permukaan baja (a) sebelum perlakuan (b) tanpa inhibitor dan (c) dengan inhibitor.

sekunder seperti alkaloid, flavonoid dan triterpenoid.⁶ Pada bilangan gelombang 1711 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil C=O yang sering ditemukan pada senyawa metabolit sekunder flavonoid, alkaloid dan triterpenoid, dan gugus C-O muncul pada bilangan gelombang 1022 cm^{-1} ditemukan pada senyawa metabolit sekunder flavonoid dan triterpenoid.⁷ Senyawa metabolit sekunder yang ada pada hasil analisis fitokimia terdeteksi pada analisis FTIR sehingga ekstrak biji kusambi berpotensi untuk menghambat korosi pada baja.

3.4 Analisis SEM (Scanning Electron Microscopy)

Analisis SEM (Scanning Electron Microscopy) pada penelitian ini berfungsi untuk memberikan informasi mengenai morfologi yang ada pada permukaan baja. **Gambar 3** menunjukkan permukaan baja tanpa perlakuan, baja yang direndam dengan air laut tanpa inhibitor dan perendaman baja menggunakan ekstrak biji kusambi pada perbesaran 1000X. Hasil pengujian morfologi permukaan baja ASTM A36 dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Pada **Gambar 3a** menunjukkan bahwa permukaan baja ASTM A36 sebelum perlakuan masih halus, rata dan tidak berpori karena tidak adanya interaksi dengan lingkungan korosif. **Gambar 3b** menunjukkan permukaan baja ASTM A36 yang direndam dalam air laut dimana terjadi kerusakan yang ditandai dengan adanya permukaan yang kasar, tidak rata dan berlubang. Hal tersebut terjadi karena adanya serangan ion-ion korosif dari larutan garam yang menyebabkan permukaan baja menjadi terkorosi. **Gambar 3c** menunjukkan permukaan baja ASTM A36 yang terlihat lebih tertutup dibandingkan dengan gambar b walaupun masih ada gumpalan dan lubang-lubang kecil yang tidak merata. Hal ini disebabkan karena adanya senyawa metabolit sekunder pada ekstrak biji kusambi yang teradsorpsi pada permukaan baja dengan membentuk lapis tipis.⁸

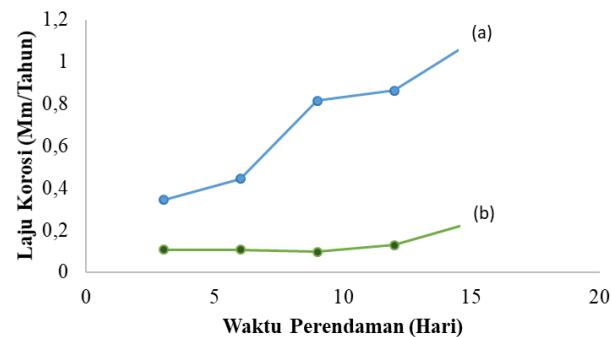
3.5 Pengaruh Variasi Waktu Perendaman terhadap Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi

Penggunaan variasi waktu perendaman pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa lama inhibitor dapat menginhibisi korosi yang dilihat dari seberapa besar nilai efisiensi inhibisi yang diperoleh. Hasil pengujian efisiensi inhibisi dan laju korosi dengan memvariasikan waktu perendaman dapat dilihat pada **Tabel 3**, **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

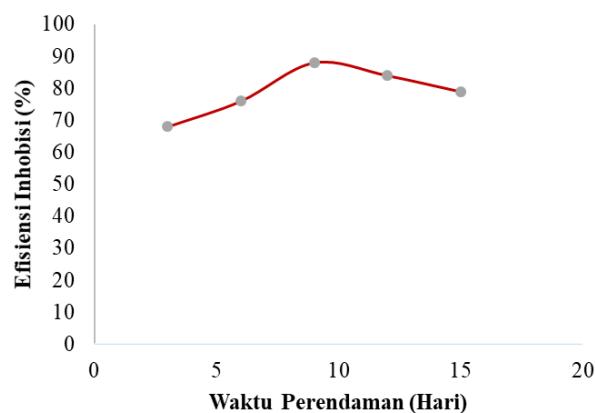
Tabel 3. Data pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi baja ASTM A36 dalam media garam

Waktu perendaman (hari)	Laju korosi (mm/tahun)		Efisiensi inhibisi (%)	Surface Coverage (%)
	Tanpa inhibitor	Dengan inhibitor		
3	0,3435	0,1065	68,98	0,6898
6	0,4433	0,1059	76,11	0,7611
9	0,8147	0,0962	88,19	0,8819
12	0,8622	0,1299	84,92	0,8492
15	1,0932	0,2230	79,65	0,7965

Dari **Tabel 4**, **Gambar 4** dan **Gambar 5**, terlihat bahwa pada hari ke-3 sampai hari ke-9, efisiensi inhibisinya semakin bertambah sedangkan laju korosinya semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu perendaman maka semakin banyak sisi aktif



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu perendaman dan laju korosi ekstrak biji kusambi dalam media air laut; (a) tanpa inhibitor, (b) dengan inhibitor.



Gambar 5. Data pengaruh waktu perendaman terhadap efisiensi inhibisi ekstrak metanol biji kusambi dalam media air laut.

yang dimiliki oleh senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak biji kusambi untuk berinteraksi dengan permukaan baja dan membentuk lapisan yang stabil sehingga semakin banyak permukaan baja yang tertutupi untuk menghalangi serangan dari larutan korosif.² Hal ini menyebabkan semakin sedikit baja yang larut dalam media korosi. Pada hari ke-12 sampai hari ke-15 terlihat bahwa nilai efisiensi inhibisinya semakin menurun serta laju korosinya semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena penutupan pada permukaan baja sudah mencapai titik jenuh sehingga inhibitor mengalami desorpsi atau pelepasan ikatan antara inhibitor dengan permukaan baja. Hal ini menyebabkan peran dari inhibitor semakin berkurang sehingga laju korosinya mengalami peningkatan. Lapisan pasif terjadi pada sisi katodik, yang mempengaruhi dan menghambat reaksi reduksi di katoda. Hambatan pada reaksi reduksi dikatoda ini kemudian juga menghambat reaksi oksidasi baja yang terjadi di anoda. Dari hasil penelitian ini didapatkan waktu optimum pada waktu perendaman 9 hari dengan efisiensi inhibisi sebesar 88,19% dan laju korosi sebesar 0,8147 mmpp.

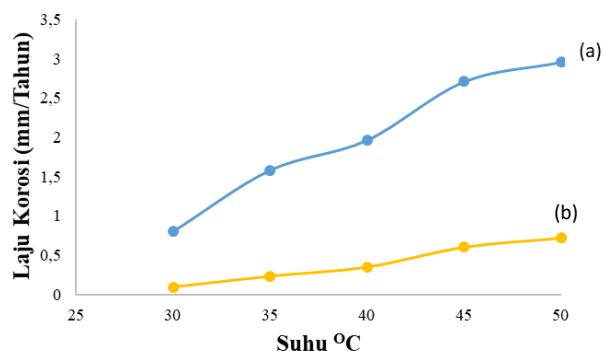
Proses korosi yang terjadi pada air laut diakibatkan oleh serangan senyawa-senyawa yang mengoksidasi Fe menjadi Fe^{2+} . Senyawa yang terkandung dalam air laut seperti NaCl , MgCl_2 , KCl , NaBr dan H_2O yang mempunyai konduktivitas yang tinggi dan ion klorida yang dapat menembus permukaan logam sehingga sangat mempengaruhi laju korosi.⁹ Sedangkan baja yang sudah dilapisi dengan ekstrak metanol biji kusambi laju korosinya lebih rendah dibandingkan dengan baja yang tanpa dilapisi ekstrak metanol biji kusabi, dimana semakin lama waktu perendaman baja dalam ekstrak metanol biji kusambi laju korosinya semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak metanol biji kusambi yang teradsorpsi diperlukaan baja dapat menghalangi serangan NaCl , MgCl_2 , KCl , NaBr dan H_2O terhadap baja, sehingga menurunkan laju korosi.

3.6 Pengaruh Variasi Suhu Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi

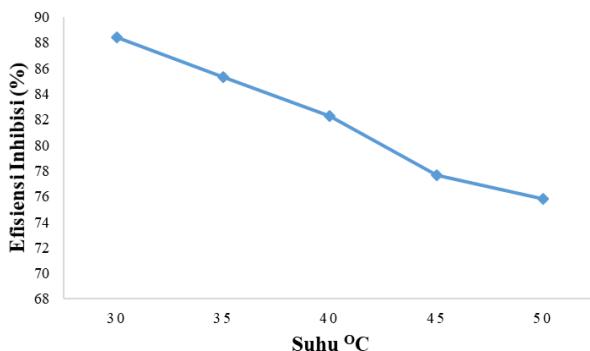
Pengaruh variasi suhu digunakan untuk mengetahui kemampuan dari ekstrak bahan alam yang dihasilkan untuk menginhibisi serta menurunkan laju korosi baja pada suhu yang relatif tinggi (Wardani dkk., 2021). Hasil pengujian ditunjukkan pada **Tabel 4**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**.

Tabel 4. Data pengaruh suhu terhadap laju korosi baja ASTM A36 dalam media garam.

Suhu °C	Laju korosi (mm/tahun)		Efisiensi inhibisi (%)	Surface Coverage (θ)
	Tanpa inhibitor	Dengan inhibitor		
30	0,8020	0,0929	88,40	0,8840
35	1,5813	0,2324	85,29	0,8529
40	1,9644	0,3487	82,24	0,8224
45	2,7084	0,6044	77,68	0,7768
50	2,9575	0,7207	75,78	0,7578



Gambar 6. Grafik hubungan antara suhu dan laju korosi ekstrak biji kusambi dalam media air laut; (a) tanpa inhibitor, (b) dengan inhibitor.



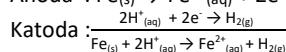
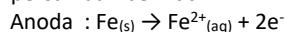
Gambar 7. Data pengaruh suhu terhadap efisiensi inhibisi ekstrak metanol biji kusambi dalam media air laut.

Berdasarkan data pada **Tabel 4**, **Gambar 6** dan **Gambar 7**, dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu maka nilai efisiensi inhibisinya semakin menurun sedangkan laju korosinya semakin meningkat. Hal ini terjadi karena suhu larutan elektrolit dapat mempengaruhi proses terjadinya korosi, sehingga semakin tinggi suhu maka semakin besar energi kinetik partikel dan efektif tumbukan pada reaksi redoks semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Batu dkk.² yang menunjukkan bahwa kemampuan penghambatan korosi pada suatu logam akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Suhu dapat mempengaruhi proses terjadinya korosi, dengan meningkatnya suhu dapat memicu peningkatan energi kinetik antara NaCl dan logam,

yang berakibat pada peningkatan tumbukan efektif dalam reaksi redoks. Pada penelitian ini didapatkan suhu optimum pada suhu 30 °C dengan efisiensi inhibisi sebesar 88,40% dan laju korosi sebesar 0,8840 mm/tahun.

3.7 Mekanisme Inhibisi Korosi

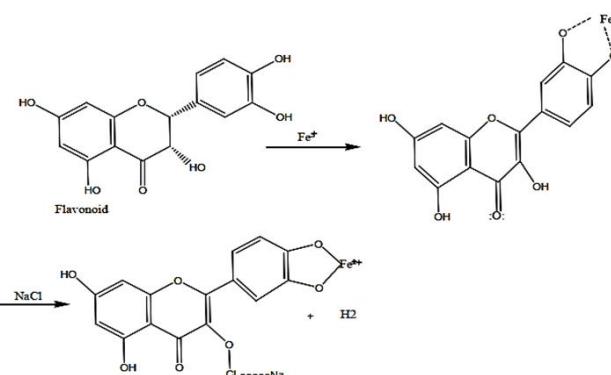
Mekanisme penghambatan korosi dipelajari berdasarkan adsorpsi pada permukaan baja untuk membentuk lapisan pelindung yang mengantikan molekul air dipermukaan baja dan melindunginya dari kerusakan. Reaksi yang terjadi antara logam Fe^{2+} dengan medium korosif air laut yang mengandung ion-ion klorida yang terurai dari NaCl, $MgCl_2$, KCl akan bereaksi dengan Fe dan diperkirakan menghasilkan $FeCl_2$ jika ion klorida yang bereaksi semakin besar maka $FeCl_2$ yang terbentuk juga akan semakin besar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Selly dkk.,¹⁰ logam yang dilapisi dengan ekstrak merkubang yaitu logam besi (Fe) sehingga besi bertindak sebagai katoda, karbon akan bertindak sebagai anoda. Elektrolit yang digunakan yaitu larutan $CuSO_4$. Reaksi elektrolisis pada spesimen baja lunak tanpa lapisan dalam medium NaCl dapat dilihat pada persamaan berikut:



Mekanisme inhibisi korosi oleh senyawa organik tergantung pada struktur dan gugus fungsi yang dimiliki senyawa organik tersebut, sifat baja yang mengalami korosi dan medium agresif yang berkontak dengan logam. Dalam medium korosif seperti NaCl, baja dapat mengalami oksidasi dan menghasilkan Fe^{2+} . Baja dapat berinteraksi dengan inhibitor yang berada dalam medium korosif melalui pembentukan senyawa kompleks. Senyawa flavonoid yang terkandung dalam ekstrak biji kusambi membentuk kompleks dengan Fe^{2+} dan akan teradsorpsi secara kimia dipermukaan baja.

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 2 ekstrak biji kusambi mengandung senyawa-senyawa metabolit sekunder salah satunya flavonoid. Dimana senyawa flavonoid mengandung gugus OH yang muncul pada bilangan gelombang 2923 cm^{-1} . Hal ini memungkinkan interaksi yang terjadi antara flavonoid dengan permukaan baja dengan NaCl. Mekanisme dalam proses inhibisi dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Gambar 8 menunjukkan reaksi dimana senyawa flavonoid sebagai senyawa alami yang dapat melindungi permukaan baja dari korosi. Senyawa flavonoid akan bereaksi dengan ion besi (Fe^{2+}) yang terdapat pada permukaan baja. Dalam reaksi ini, senyawa flavonoid akan kehilangan elektron dan berubah menjadi ion flavonoid, kemudian berinteraksi dengan ion besi membentuk senyawa kompleks koordinasi. Senyawa kompleks koordinasi akan bereaksi dengan ion natrium (Na^+) dan ion klorida (Cl^-) yang berasal dari garam



Gambar 8. Mekanisme permukaan baja-flavonoid dan kompleks koordinasi $NaCl-Fe^{2+}$.¹¹

NaCl. Senyawa flavonoid kembali bereaksi dengan ion besi dan membentuk kompleks koordinasi yang baru. Kompleks koordinasi ini mengandung flavonoid dan ion besi, selanjutnya berinteraksi dengan ion natrium dan ion klorida akan membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa ekstrak metanol biji kusambi mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid, senyawa-senyawa ini efektif dalam memperlambat laju korosi pada baja ASTM A36. Hasil analisis morfologi permukaan menggunakan instrument SEM dengan perbesaran 100x menunjukkan bahwa permukaan baja tanpa perlakuan permukaannya masih halus. Baja saat direndam dalam media air laut mengalami kerusakan yang ditandai dengan adanya permukaan yang kasar, tidak rata dan berlubang sehingga permukaan baja tidak sehalus baja kontrol. Baja saat dilapisi ekstrak biji kusambi pada media air laut, permukaan baja mengalami kerusakan namun kerusakannya tidak begitu menonjol seperti pada media air laut tanpa inhibitor. Pada hasil penelitian didapatkan waktu optimum pada hari ke-9 dengan laju korosi sebesar 0,8147 mm² dan besaran efisiensi inhibisi sebesar 88,19%. Sedangkan variasi suhu optimum didapatkan pada suhu 30 °C dengan efisiensi inhibisi sebesar 88,40% dan laju korosi sebesar 0,8840 mm².

Konflik Kepentingan

Semua penulis mengkonfirmasi bahwa tidak terdapat konflik kepentingan pada artikel ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu hingga terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

1. Sunarti., Victor, K. dan Prima, D. R. 2020. *Jurnal MJoCE*. **2** (10):72-80.
2. Batu, M. S. Maria, M. K. dan Adolvina, K.2022. *Jurnal Riset Kimia*. **13** (2):188-197.
3. Shafira, R. D. Arizza, M. dan Medyan, R. 2022. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*. **3** (1):12–16.
4. Elu, M, K, Oktovianus, K, Manikin, M, Obenu, N, M., Eduardus, E.2023. *Jurnal Saintek Lahan Kering*. **6**(1), 20-23.
5. Akbar, S. A. (2019). *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, **7**(1), 28–33
6. Citra, P. V., Suka, E. G., & Riyanto, A. (2021). *Journal Of Energy, Material, And Instrumentation Technology*, **2**(3), 110-115.
7. Yuda M. Putra. 2021. Pengaruh Komposisi Bio Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*) Pada Laju Korosi Baja Astm A36 Dalam Media Air Garam. [Skripsi]. Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
8. Gusti, D. R., Emriadi, Alif, A., & Efdi, M. (2017). *International Journal of ChemTech Research*, **10**(2), 163–171.
9. Tambun, R., Limbong, H. P., Nababan, P., & Sitorus, N. 2015. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, **37**(2), 73-78.
10. Selly, R., Rahmah, S., Nasution, H. I., Syahputra, R. A., & Zubir, M. (2020). *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, **3**(2), 5–8.

11. Rosa V., Francisco F., Andres D. G., & Aurora, M. (2018).. *International Journal of Electrochemical Science*. **13** (4):4139-4159.