

**EKSTRAK DAUN SUJI (*Dracaena angustifolia*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA
BAJA ST 37 DALAM MEDIA HCl 3,5% DAN NaCl 3,5%**

N.M.A.P. Budiarta^{*}, I.A.R.A. Asih, dan P. Suarya

*Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia*

^{}e-mail: madeanitaputri567@gmail.com*

Article Received on: 13th Desember 2025

Revised on: 5th May 2026

Accepted on: 28th July 2026

ABSTRAK

Korosi merupakan kerusakan pada logam karena terjadi reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Salah satu metode untuk mengurangi laju korosi yang terjadi pada logam adalah dengan cara menggunakan inhibitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi dan efisiensi inhibisi baja St-37 dalam media korosif HCl 3,5% dan NaCl 3,5% dengan penambahan ekstrak etil asetat daun suji (*Dracaena angustifolia*). Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi dan laju korosi dihitung menggunakan metode kehilangan berat. Berdasarkan pada hasil uji kehilangan berat menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat daun suji berpengaruh terhadap laju korosi dengan laju korosi terendah pada konsentrasi optimum 0,15% dan waktu perendaman 12 hari dalam media HCl 3,5% dan NaCl 3,5% secara berturut-turut 0,0742 dan 0,0249 mmpy dengan hasil efisiensi inhibisi sebesar 93,37 dan 65,91%. Hasil SEM-EDX juga menunjukkan bahwa permukaan baja St 37 tanpa penambahan inhibitor ekstrak etil asetat daun suji mengalami degradasi dan pitting yang lebih merata pada seluruh permukaan sedangkan pada permukaan baja St 37 yang diberikan inhibitor ekstrak etil asetat daun suji 0,15% mempunyai permukaan yang lebih halus dan lokasi pitting yang lebih sedikit. Selain itu juga terjadi peningkatan kadar Fe dan penurunan kadar O pada baja dengan inhibitor 0,15% sehingga hal ini membuktikan bahwa ekstrak etil asetat mampu membentuk lapisan pelindung untuk menahan terjadinya korosi pada permukaan baja St 37.

Kata kunci: Daun suji, efisiensi inhibisi, inhibitor, korosi, laju korosi.

ABSTRACT

Corrosion is the deterioration of a metal due to electrochemical reactions with its environment. One method to reduce corrosion in metal is to use inhibitors. This study aims to determine the corrosion rate and inhibition efficiency of St-37 steel in 3.5% HCl and 3.5% NaCl media, with the addition of an ethyl acetate extract of suji leaves (*Dracaena angustifolia*). Extraction was performed by maceration, and the corrosion rate was determined by weight loss. Based on the results of the weight loss test, the ethyl acetate extract of suji leaves affected the corrosion rate, with the lowest corrosion rate at an optimum concentration of 0.15% and a soaking time of 12 days in 3.5% HCl and 3.5% NaCl media, respectively, 0.0742 and 0.0249 mmpy, with inhibition efficiency results of 93.37 and 65.91%. The SEM-EDX results also showed that the surface of St 37 steel without the addition of suji leaf ethyl acetate extract inhibitor exhibited more even degradation and pitting across the entire surface. In contrast, the surface of St 37 steel treated with 0.15% suji leaf ethyl acetate extract inhibitor was smoother and showed fewer pitting locations. In addition, there was an increase in Fe content and a decrease in O content in steel with 0.15% inhibitor, thus proving that the ethyl acetate extract can form a protective layer to prevent corrosion on the surface of St 37 steel.

Keywords: Suji leaves, inhibition efficiency, inhibitor, corrosion, corrosion rate.

PENDAHULUAN

Korosi merupakan kerusakan pada material berwujud dasar logam karena reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya yang disebabkan oleh perbedaan potensial antara anoda dan katoda, adanya elektrolit, serta kontak antarlogam. Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti zat terlarut, suhu, kelembaban udara, pH, dan jenis

logam (Gapsari, 2017). Salah satu jenis logam yang dapat mengalami korosi adalah logam baja karbon seperti baja St 37 yang sering digunakan dalam berbagai industri (Jayanti, 2021).

Pengendalian korosi dapat dilakukan melalui empat metode, yaitu pelapisan, proteksi katodik, proteksi anodik, dan inhibitor. Di antara metode tersebut, inhibitor menjadi pilihan yang paling efektif karena mampu mengurangi laju korosi

dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam (Wei *et al.*, 2020). Inhibitor korosi berdasarkan bahan dasarnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu anorganik dan organik. Inhibitor anorganik dapat menurunkan laju korosi tetapi mempunyai toksisitas terhadap lingkungan. Sedangkan, inhibitor organik adalah inhibitor yang mengandung atom N, O, P, dan S, serta atom yang mempunyai PEB sehingga dapat membentuk senyawa kompleks dan teradsorpsi pada permukaan logam. Inhibitor organik juga lebih ramah lingkungan (Pardede *et al.*, 2019).

Daun suji (*Dracaena angustifolia*) berpotensi sebagai inhibitor organik karena mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid dan tanin meskipun pemanfaatannya selama ini lebih banyak sebagai pewarna alami atau obat tradisional (Putriyana, 2023). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Adekunle *et al.* (2021) pada ekstrak *Dracaena arborea* dalam larutan HCl 2M menunjukkan bahwa genus *Dracaena* memiliki efektivitas yang cukup baik sebagai *green inhibitor* dengan efisiensi inhibisi tertinggi 78% pada konsentrasi 500 ppm dan suhu 303 K, serta efisiensi terendah 21% pada konsentrasi 100 ppm dan suhu 343 K.

Berdasarkan pada hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian menggunakan medium HCl dan NaCl 3,50% dan ekstrak daun suji sebagai green inhibitor pada baja ST 37 dengan waktu perendaman selama 4 hari, 8 hari, 12 hari, dan 16 hari serta akan digunakan metode weight loss dengan variasi konsentrasi inhibitor sebesar 0; 0,1%; 0,15; 0,2; dan 0,25% dalam media HCl dan NaCl 3,5%.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun suji, etanol 96%, NaCl 3,5%, plat baja St-37, HCl 37%, metanol, AlCl 10%, natrium asetat 1M, akuades, kuersetin, FeCl₃ 1%, kloroform, H₂SO₄, serbuk magnesium, etil asetat, n-heksana, pereaksi mayer, dan pereaksi dagendorff.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, erlenmeyer, timbangan analitik, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FTIR, SEM-EDX, blender, *vacuum rotary evaporator*, cawan, desikator, oven, kertas saring, water bath, amplas, wadah plastik, dan aluminium foil.

Cara Kerja

Daun suji kering diblender hingga menjadi serbuk. Serbuk daun suji kemudian diuji kadar airnya. Sebanyak 500 g serbuk daun suji dimaserasi menggunakan pelarut metanol. Proses maserasi dilakukan selama 1x24 jam dan dilakukan remaserasi sebanyak 2 kali. Filtrat yang didapatkan kemudian dikentalkan menggunakan *vacuum rotary evaporator* sehingga didapatkan ekstrak kental metanol daun suji. Ekstrak kental metanol daun suji ini selanjutnya dipartisi menggunakan n-heksana dan etil asetat kemudian fraksi n-heksana dan fraksi etil asetat dikentalkan menggunakan *vacuum rotary evaporator* sehingga didapatkan ekstrak kental n-heksana dan etil asetat daun suji.

Dilakukan uji fitokimia terhadap ketiga ekstrak kental yang didapatkan yaitu ekstrak kental metanol, n-heksana, dan etil asetat daun suji untuk mengetahui adanya senyawa alkaloid, saponin, flavonoid, tanin, steroid, dan terpenoid. Selanjutnya ekstrak kental metanol, n-heksana, dan etil asetat daun suji diuji kandungan total flavonoidnya menggunakan metode kolorimetri dengan spektrofotometer UV-Vis. Ekstrak yang mempunyai total flavonoid tertinggi kemudian diuji menggunakan FTIR agar diketahui gugus fungsi yang terdapat didalam ekstrak.

Pengujian *weight loss* dilakukan dengan cara plat baja yang telah dipreparasi kemudian ditimbang untuk mengetahui massa awal lalu plat baja tersebut digantung menggunakan tali dan direndam kedalam media korosif HCl 3,5% dan NaCl 3,5% tanpa penambahan inhibitor dan ditambahkan inhibitor dengan posisi melayang. Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan yaitu 0%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; dan 0,25%. Diamati perubahan yang terjadi pada permukaan baja sebelum dan sesudah perendaman dan dilakukan penimbangan terhadap massa akhir.

Laju korosi kemudian dihitung menggunakan persamaan rumus :

$$CR (mmpy) = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (1)$$

yang dimana mmpy merupakan singkatan dari milimeter per year dan nilai konstanta sebesar $8,76 \times 10^4$ sedangkan untuk menghitung efisiensi inhibisi digunakan persamaan rumus :

$$IE\% = \frac{CR_{inhibited} - CR_{inhibited}}{CR_{inhibited}} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Determinasi dan Penyiapan Bahan

Daun suji yang didapatkan dari kebun di Desa Geluntung, Marga, Tabanan, Bali kemudian di determinasi menggunakan software *Pictur This* dan hasil determinasi menunjukkan bahwa tanaman tersebut merupakan tanama daun suji (*Dracaena angustifolia*). Daun suji segar kemudian disiapkan melalui 3 tahap yaitu pencucian, pengeringan, dan penyerbukan sampel. Hasil dari 5 kg sampel daun suji segar diperoleh sebanyak 1 kg serbuk simplisia daun suji berwarna hijau.

Kadar Air

Hasil pengujian kadar air daun suji sebesar 6,67% dan sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh DepKes RI (2008) kadar air harus kurang dari 10% agar menghindari cepatnya pertumbuhan mikroba, jamur, degradasi enzimatis, serta oksidasi senyawa metabolit sekunder.

Ekstraksi Daun Suji

Ekstraksi daun suji dilakukan dengan metode maserasi yang terdiri dari tiga fase. Fase pertama, penghancuran matriks padat untuk memperluas permukaan kontak dengan pelarut. Fase kedua adalah pembasahan, pelarut berdifusi masuk ke dalam matriks hingga semua ruang matriks. Fase ketiga, bahan aktif larut ke dalam pelarut melalui proses difusi dan osmosis hingga tercapai keseimbangan konsentrasi dan menghasilkan ekstrak yang optimal (Naviglio *et al.*, 2023).

Metanol digunakan sebagai pelarut karena bersifat polar dan volatil dengan gugus hidroksil (-OH) yang membuatnya efektif melarutkan senyawa polar seperti flavonoid, tanin, dan alkaloid. Selain itu, metanol juga memiliki sedikit sifat nonpolar akibat gugus metil (CH₃-) sehingga masih mampu melarutkan senyawa nonpolar meskipun tidak seefektif melarutkan senyawa polar (Naviglio *et al.*, 2023). Sebanyak 500 g serbuk daun suji menghasilkan ekstrak kental metanol daun suji sebanyak 75,42 g dengan persentase rendemen sebesar 15,08%.

Partisi

Ekstrak kental metanol daun suji kemudian dipartisi menggunakan dua jenis pelarut yaitu n-heksana dan etil asetat. N-heksana bersifat nonpolar karena hanya memiliki ikatan kovalen nonpolar C-H sehingga efektif melarutkan senyawa nonpolar seperti flavonoid aglikon termetoksilasi. Sedangkan, etil asetat bersifat semi-polar karena memiliki gugus ester (-COO-) yang mengandung gugus karbonil serta rantai etil yang sedikit nonpolar. Pelarut ini

dapat melarutkan senyawa semi-polar seperti flavonoid aglikon. Flavonoid aglikon lebih potensial menjadi inhibitor korosi karena gugus hidroksilnya dapat mendonorkan elektron sedangkan gugus metoksi pada flavonoid termetoksilasi akan menurunkan kemampuan kelat dan adsorpsinya pada permukaan logam (Saputra dkk., 2019). Fraksi n-heksana dan etil asetat diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* dan didapatkan hasil ekstrak kental n-heksana daun suji sebesar 2,80 g dan ekstrak kental etil asetat daun suji sebesar 2,24 g.

Uji Fitokimia

Hasil uji fitokimia pada ketiga ekstrak (ekstrak kental metanol, n-heksana, dan etil asetat) negatif mengandung alkaloid dan saponin. Ekstrak kental metanol dan etil asetat daun suji positif mengandung flavonoid, tanin, dan terpenoid sedangkan ekstrak kental n-heksana daun suji positif mengandung flavonoid dan steroid (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Skrining Fitokimia Daun Suji

Golongan	Ekstrak kental metanol	Ekstrak kental n-heksana	Ekstrak kental etil asetat
Alkaloid	-	-	-
Saponin	-	-	-
Flavonoid	+	+	+
Tanin	+	-	+
Steroid	-	+	-
Terpenoid	+	-	+

Keterangan:

+ = positif mengandung senyawa yang diujikan

- = negatif mengandung senyawa yang diujikan

Seluruh ekstrak daun suji tidak menunjukkan perubahan warna dengan pereaksi Mayer maupun Dragendorff sehingga menandakan negatif alkaloid karena terjadi pembentukan endapan putih pada pereaksi mayer atau jingga kecoklatan pada pereaksi dragendorff karena terbentuknya kompleks kalium-alkaloid. Pada pengujian saponin dengan ketiga ekstrak daun suji juga menunjukkan hasil negatif karena tidak terbentuknya buih yang menandakan adanya senyawa glikosida yang mampu menghasilkan buih dalam air dan dapat terhidrolisis menjadi glukosa serta senyawa lain.

Pada hasil uji flavonoid, ketiga ekstrak (ekstrak kental metanol, n-heksana, dan etil asetat) mendapatkan hasil positif. Hasil positif ini ditandakan dengan terbentuknya warna kuning muda pada ekstrak metanol serta kuning kehijauan pada ekstrak n-heksana dan etil asetat setelah dilakukan penambahan serbuk logam Mg dan HCl. Penambahan logam Mg dan HCl pada senyawa

flavonoid akan menyebabkan reduksi pada inti benzopiron sehingga akan terbentuknya senyawa kompleks yang berwarna kuning (Harborne, 1987).

Pengujian tanin menunjukkan hasil bahwa pada ekstrak kental metanol dan etil asetat menghasilkan hasil positif mengandung tanin terkondensasi karena terbentuknya warna hijau kehitaman sedangkan pada ekstrak kental n-heksana menunjukkan hasil negatif karena tidak terjadi perubahan warna setelah direaksikan dengan FeCl_3 . Penambahan FeCl_3 pada penentuan tanin karena tanin dapat membentuk kompleks dengan Fe^{3+} yang dimana Fe^{3+} akan menjadi atom pusat sedangkan tanin akan menjadi ligannya (Harborne, 1987).

Pengujian steroid menunjukkan bahwa ekstrak kental n-heksana daun suji positif sedangkan ekstrak kental metanol dan etil asetat daun suji negatif mengandung alkaloid. Penambahan kloroform dan asam asetat anhidrat akan membentuk turunan asetil dan penambahan H_2SO_4 berfungsi dalam proses dehidrasi yang membentuk garam dan akan terlihat perubahan warna menjadi hijau (Harborne, 1987).

Hasil uji terpenoid menunjukkan bahwa ekstrak kental metanol dan etil asetat daun suji positif sedangkan ekstrak kental n-heksana daun suji negatif mengandung terpenoid. Penambahan kloroform dan asam asetat anhidrat menyebabkan asetilasi pada gugus hidroksil sedangkan penambahan H_2SO_4 membentuk karbokation pada atom C anhidrida. Perubahan warna menjadi coklat kemerahan pada uji terpenoid terjadi akibat oksidasi yang menghasilkan ikatan rangkap terkonjugasi melalui proses kondensasi atau pelepasan H_2O serta pembentukan karbokation (Harborne, 1987).

Uji Kuantitatif Total Flavonoid

Hasil pengujian pengujian panjang gelombang maksimum pada 400-500 nm menggunakan kuersetin dengan konsentrasi 100 ppm dan waktu inkubasi 10 menit sehingga didapatkan panjang gelombang maksimum 438,5 nm dan mendapatkan nilai absorbansi sebesar 0,6794. Waktu inkubasi optimum yang didapatkan yaitu selama 10 menit dengan nilai absorbansi maksimum sebesar 0,6897. Namun, setelah melewati waktu tersebut, didapatkan hasil absorbansi yang mulai menurun dan mengindikasikan terjadinya degradasi atau perubahan struktur kompleks flavonoid- AlCl_3 (Suwartini *et al.*, 2021).

Hasil grafik kurva kalibrasi kuersetin yang dibuat menggunakan konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, dan 1000 ppm akan menunjukkan hubungan linear antara konsentrasi kuersetin (ppm (mg/L)) dengan nilai absorbansi yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari hasil pengukuran

tersebut didapatkan persamaan garis regresi linear yaitu $y = 0,0069x + 0,074$ dengan harga koefisien relasi r sebesar 0,9956. Nilai koefisien relasi yang mendekati 1 menunjukkan bahwa hasil persamaan regresi tersebut linear.

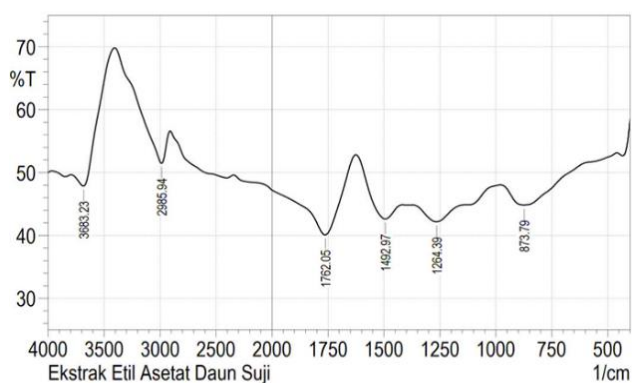
Tabel 2. Total Flavonoid

Ekstrak	Absorbansi	Total Flavonoid (mgQe/g)	Rata-Rata Total Flavonoid (mgQe/g)
Ekstrak kental metanol	0,2201 0,2457 0,2111	95,8786 112,6811 89,9909	99,5167
Ekstrak kental n-heksana	0,1337 0,1438 0,1357	40,4962 47,3783 41,8539	43,2428
Ekstrak kental etil asetat	0,3998 0,3697 0,3487	216,6055 196,6055 182,6605	198,6238

Ekstrak kental etil asetat daun suji memiliki kandungan flavonoid tertinggi yaitu 198,6238 mgQE/g menunjukkan bahwa pelarut ini paling efektif mengekstraksi senyawa flavonoid. Ekstrak kental metanol mengandung 99,5167 mgQE/g, hampir setengah dari etil asetat sedangkan ekstrak kental n-heksana memiliki kadar terendah yaitu 43,2428 mgQE/g. Ekstrak etil asetat menghasilkan total flavonoid tertinggi karena pelarut semi-polar mampu mengekstraksi flavonoid aglikon seperti flavon, flavonol, dan flavanon. Sedangkan metanol yang lebih polar akan mengekstraksi flavonoid bersama senyawa polar lain sehingga jumlah flavonoid yang terekstrak lebih rendah. Sementara itu, n-heksana yang bersifat non-polar kurang efektif melarutkan flavonoid karena adanya gugus hidroksil pada flavonoid yang bersifat polar tetapi beberapa flavonoid seperti flavonoid polimetoksi atau isoflavon yang lebih non-polar tetap dapat terekstraksi dalam jumlah kecil (Yanti *et al.*, 2023).

FTIR

Berdasarkan pada Gambar 2 diketahui bahwa ekstrak etil asetat daun suji terdiri dari gugus-gugus O-H pada bilangan gelombang 3683,23 cm^{-1} , C-H alkana pada bilangan gelombang 2985,94 cm^{-1} , C=O dengan serapan bilangan gelombang 1762,05 cm^{-1} , C-H metil pada serapan bilangan gelombang 1492,97 cm^{-1} , dan gugus C-O yang terdapat pada serapan bilangan gelombang 1264,39 cm^{-1} .



Gambar 1. FTIR Ekstrak Kental Etil Asetat Daun Suji

Weight loss

Penurunan laju korosi dan adanya peningkatan efisiensi inhibisi setelah ditambahkan inhibitor ekstrak etil asetat daun suji terjadi karena ekstrak etil asetat daun suji mengandung flavonoid yang memiliki gugus hidroksil dan karbonil yang mampu beradsorpsi pada permukaan logam. Gugus tersebut dapat membentuk ikatan kovalen koordinasi sehingga tercipta lapisan pelindung yang menghambat difusi ion korosif seperti H^+ dan Cl^- (Walencik *et al.*, 2024). Namun, ketika konsentrasi ekstrak melebihi titik optimum 0,15% maka efisiensi inhibisinya menurun seperti yang terjadi pada konsentrasi 0,2% dan 0,25%. Penurunan ini disebabkan oleh ukuran molekul inhibitor yang besar atau gugus polar yang memicu interaksi antar molekul. Interaksi tersebut dapat berupa tolak-menolak atau tarik-menarik yang menyebabkan agregasi molekul. Kondisi ini mengakibatkan ketidakseragaman kerapatan serta distribusi inhibitor pada permukaan logam. Akhirnya, lapisan protektif menjadi tidak merata sehingga efektivitas inhibisi korosi menurun (Alhaffar *et al.*, 2018).

Tabel 3. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi Pada Konsentrasi Optimum 0,15% Dalam Media NaCl 3,5% dan HCl 3,5%

Hari	Laju Korosi (mmpy)		Efisiensi Inhibisi (%)	
	HCl	NaCl	HCl	NaCl
0	0,0000	0,0000	0,00	0,00
4	0,1657	0,0352	56,10	16,31
8	0,1066	0,0316	83,26	32,93
12	0,0742	0,0249	93,37	65,91
16	0,1075	0,0298	92,48	64,24

Penurunan laju korosi juga dipengaruhi oleh lamanya waktu perendaman yang dimana semakin lama waktu perendaman maka akan menurunkan laju korosi dan meningkatkan efisiensinya. Pada Tabel 3 dapat terlihat bahwa efisiensi inhibisi tertinggi terdapat pada waktu perendaman 12 hari dengan konsentrasi optimum 0,15%. yaitu 93,37%

pada HCl 3,5% dan 65,91% pada NaCl 3,5%. Hal ini terjadi karena flavonoid teradsorpsi kuat pada permukaan logam dan kemudian berinteraksi secara kimia dengan ion Fe^{2+}/Fe^{3+} membentuk kompleks stabil. Kompleks tersebut membentuk lapisan pelindung yang semakin tebal sehingga mampu menghambat penetrasi ion korosif serta transfer elektron (Lubis *et al.*, 2025). Namun, pada waktu perendaman 16 hari terjadinya penurunan efisiensi inhibisi menjadi 92,48% pada media HCl dan 64,24% pada media NaCl sehingga menunjukkan bahwa waktu optimum inhibitor ekstrak etil asetat daun suji adalah 12 hari. Penurunan ini terjadi akibat desorpsi molekul inhibitor dari permukaan logam ketika film pelindung mulai kehilangan stabilitasnya. Pada media HCl, paparan ion H^+ dan Cl^- yang agresif dalam waktu lama dapat menyebabkan degradasi inhibitor serta persaingan adsorpsi sehingga molekul inhibitor tergantikan oleh ion korosif. Sementara itu, pada media NaCl yang lebih netral, lemahnya proses protonasi dan dominannya interaksi fisik menyebabkan desorpsi lebih mudah terjadi karena gaya van der Waals dan interaksi elektrostatis tidak cukup kuat untuk mempertahankan inhibitor pada permukaan logam (Furtado dan Nascimento, 2021).

Selain konsentrasi ekstrak dan waktu perendaman, laju korosi dan efisiensi inhibisi juga dipengaruhi oleh media HCl dan NaCl. Dalam larutan asam seperti HCl, flavonoid pada ekstrak etil asetat daun suji mengalami protonasi yang membuatnya mampu berikatan secara elektrostatis dengan permukaan logam yang telah terisi ion Cl^- . Protonasi ini membantu pembentukan lapisan inhibitor yang lebih rapat dan kompak pada antarmuka elektroda/elektrolit. Kondisi ini berbeda dengan media NaCl yang netral, di mana protonasi kurang optimal sehingga ikatan elektrostatis menjadi lebih lemah. Selain itu, atom oksigen pada flavonoid yang memiliki pasangan elektron bebas serta sistem ikatan π dapat berinteraksi dengan orbital kosong besi dan membentuk ikatan koordinasi yang kuat. Interaksi kimia tersebut meningkatkan stabilitas adsorpsi dan memperkuat lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan ini mampu menahan penetrasi ion korosif seperti Cl^- dan H^+ sehingga mencegah kontak langsung antara logam dan larutan korosif. Akibatnya, laju korosi menurun secara signifikan dalam media HCl. Oleh karena itu, lingkungan asam HCl lebih mendukung pembentukan lapisan inhibitor yang kuat dibandingkan NaCl sehingga menghasilkan efisiensi inhibisi yang lebih tinggi (Pourmohseni *et al.*, 2024).

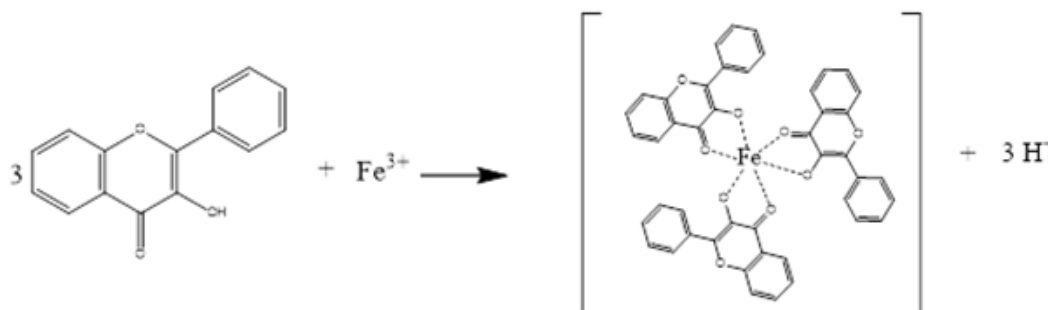
Mekanisme Adsorpsi

Flavonoid dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi dengan cara membentuk reaksi kompleks dengan besi terutama dengan Fe^{3+} atau Fe^{2+} . Reaksi kompleks flavonoid seperti kuersetin dapat terjadi pada 3 situs aktifnya yaitu situs 3-OH dengan 4-C=O yang terdapat pada cincin C, 5-OH pada cincin A dengan 4-C=O pada cincin C dan pada bagian katekolnya yaitu 3'-OH dengan 4'-OH pada cincin B. Berdasarkan pada 3 situs aktif tersebut, situs yang paling memungkinkan pengikatan Fe pada molekul kuersetin adalah pada gugus 3-OH dan 4-C=O karena pada situs ini menghasilkan energi ikat tertinggi dibandingkan dengan yang lainnya (Walencik *et al.*, 2024).

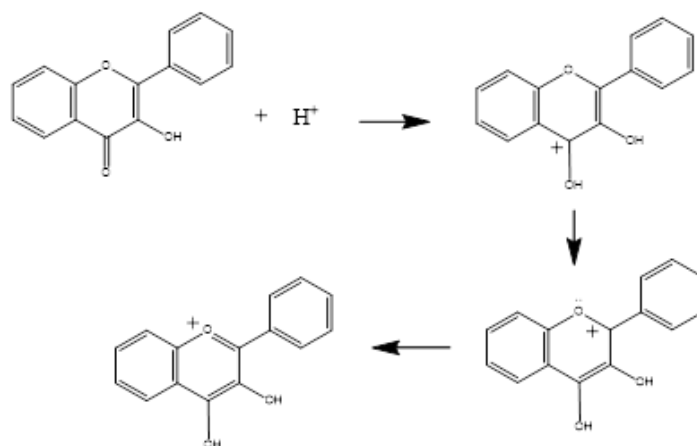
Pada proses korosi terjadi reaksi elektrokimia yang meliputi oksidasi pada anoda dan reduksi pada katoda. Reaksi tersebut berlangsung pada permukaan besi yang sama sehingga besi bertindak sebagai elektroda campuran. Area anoda dan katoda terbentuk pada satu permukaan logam dan terhubung secara elektrik melalui tubuh besi. Pada lingkungan asam, reaksi oksidasi melepaskan elektron dan menghasilkan ion Fe^{2+} atau Fe^{3+} . Flavonoid mengkelat ion Fe melalui gugus 3-hidroksil dan 4-karbonil sehingga terbentuk ikatan

kovalen koordinasi pada permukaan logam (Walencik *et al.*, 2024).

Pada lingkungan asam HCl 3,5%, gugus oksigen pada cincin C flavonoid dapat mengalami protonasi, sedangkan hal ini tidak terjadi pada media netral seperti NaCl 3,5%. Protonasi terjadi karena ion H^+ dari HCl berikatan dengan gugus oksigen sehingga sebagian molekul flavonoid menjadi bermuatan positif. Proses ini juga mengurangi jumlah ion H^+ bebas di dalam larutan karena sebagian sudah terikat pada flavonoid. Penurunan konsentrasi ion H^+ tersebut menyebabkan berkurangnya pembentukan gas H_2 yang biasanya mempercepat korosi dan memicu korosi pitting (Gong *et al.*, 2025). Rendahnya efisiensi inhibisi pada media NaCl 3,5% dibandingkan HCl 3,5% juga disebabkan oleh efek salting out karena adanya ion Na^+ dan Cl^- . Ion-ion ini mengikat molekul air melalui hidrasi sehingga mengurangi jumlah air bebas yang mampu melarutkan flavonoid dan menyebabkan kelarutan flavonoid menurun dan akan memicu pengendapan atau agregasi. Akibatnya, konsentrasi flavonoid aktif yang dapat beradsorpsi pada permukaan baja berkurang yang mengakibatkan efektivitasnya sebagai inhibitor korosi menurun (Jafari dan Entezari, 2020).



Gambar 2. Mekanisme Senyawa Kompleks Flavonoid dan Ion Besi (Harborne, 1967)



Gambar 3. Mekanisme Protonasi Inhibitor Flavonoid (Kuersetin) (Harborne, 1967)

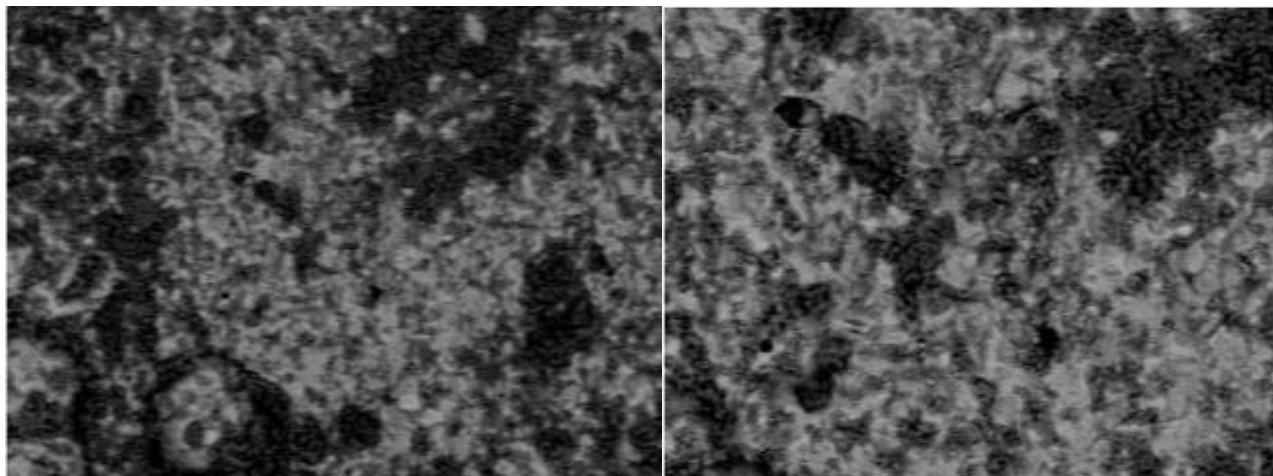
SEM EDX

Pada Tabel 4 terlihat bahwa semua waktu perendaman dengan inhibitor ekstrak etil asetat daun suji konsentrasi optimum 0,15% menghasilkan kadar Fe yang lebih tinggi dibanding baja tanpa inhibitor. Hal ini terjadi karena pada baja tanpa inhibitor, ion Cl^- merusak lapisan pasif sehingga memungkinkan kontak langsung antara ion H^+ dan Fe. Kontak tersebut menyebabkan ionisasi Fe menjadi Fe^{2+} yang melepaskan elektron dan memicu reaksi redoks pembentuk korosi pitting. Ionisasi ini mengurangi kandungan Fe pada permukaan baja dan menghasilkan degradasi berupa lubang sumur seperti pada Gambar 5. Pada Gambar 6 yang merupakan baja dengan inhibitor terlihat bahwa permukaannya tampak lebih halus dan tidak mengalami degradasi signifikan hanya terdapat korosi pitting berukuran lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh lapisan inhibitor yang menghambat penetrasi ion Cl^- dan H^+ serta menutupi lokasi rentan pembentukan pitting. Selain itu, unsur Cl^- yang terdeteksi pada baja berasal dari pembentukan FeCl_2 akibat reaksi antara ion Cl^- dan Fe^{2+} di dasar pit. Proses ini berlangsung lebih cepat di area pit yang memiliki kondisi lokal lebih agresif.

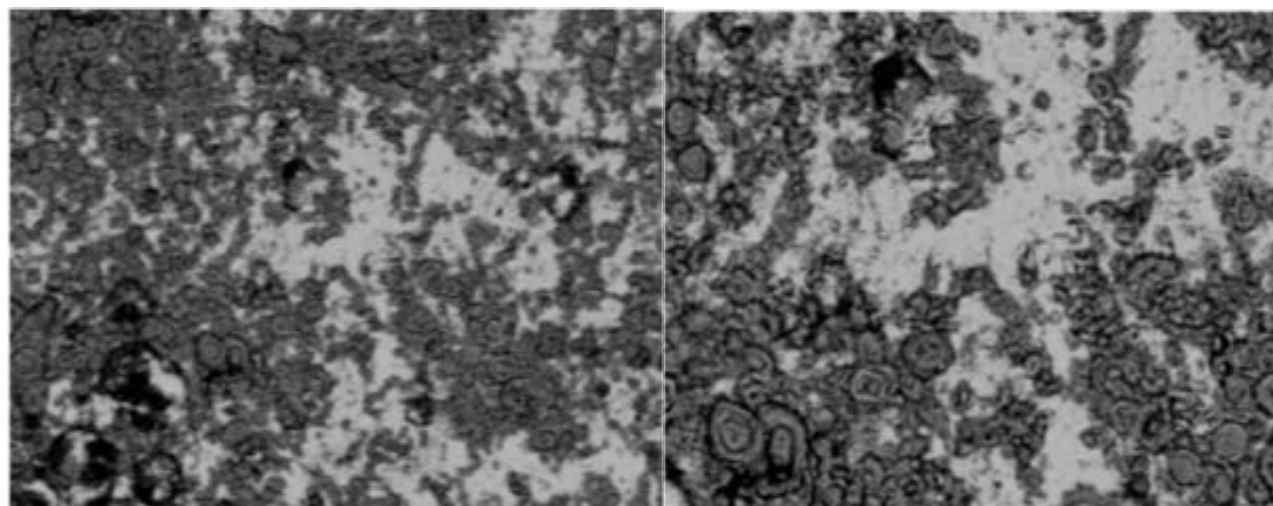
Hasil EDX pada Tabel 4 juga menunjukkan bahwa semakin lama perendaman pada baja tanpa inhibitor maka menyebabkan unsur Fe berkurang dan unsur O meningkat tajam. Peningkatan oksigen ini menunjukkan terbentuknya $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan Fe_2O_3 sebagai hasil hidrolisis FeCl_2 yang kemudian teroksidasi oleh oksigen terlarut. Senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_2$ cepat berubah menjadi oksida besi hidrat seperti Fe_2O_3 sehingga kandungan oksigen pada permukaan baja bertambah. Namun pada baja dengan inhibitor ekstrak etil asetat daun suji terlihat bahwa peningkatan unsur O tidak signifikan karena adanya lapisan pelindung flavonoid. Lapisan ini terbentuk melalui adsorpsi inhibitor yang menghalangi penetrasi ion agresif seperti Cl^- dan H^+ . Semakin lama waktu kontak dengan inhibitor maka lapisan pelindung menjadi lebih stabil dan seragam. Setelah melewati waktu optimum 12 hari, unsur O mulai meningkat pada baja dengan inhibitor meskipun tidak setinggi baja tanpa inhibitor. Kenaikan ini disebabkan oleh degradasi gugus flavonoid dan desorpsi lapisan inhibitor sehingga mulai terbentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang kemudian teroksidasi menjadi Fe_2O_3 .

Tabel 4. Hasil SEM EDX

Konsentrasi	Unsur	Perbesaran	4 Hari	8 Hari	12 Hari	16 Hari
0%	Fe	500×	87	83,4	77,6	75,3
		1000×	85,8	82,9	77,5	75,1
500×		95,3	97,3	97,4	85,8	
0,15%		1000×	95,1	96,1	97,3	84,5
0%	O	500×	6,9	16,5	22	24,4
		1000×	7,5	15,8	22,3	24,5
500×		-	2,6	2,5	14,1	
0,15%		1000×	-	3,7	2,6	14,4
0%	Cl	500×	0,2	0,2	0,5	0,2
		1000×	0,2	1,3	0,2	0,4
500×		-	0,1	0,1	0,1	
0,15%		1000×	-	0,2	0,1	1,0
0%	C	500×	6,5	-	-	-
		1000×	5,9	-	-	-
500×		4,6	-	-	-	
0,15%		1000×	4,7	-	-	-



Gambar 4. Hasil SEM konsentrasi 0% dengan waktu perendaman 12 Hari dengan perbesaran 500x dan 1000x



Gambar 5. Hasil SEM konsentrasi 0,15% dengan waktu perendaman 12 Hari dengan perbesaran 500x dan 1000x

SIMPULAN

Efisiensi inhibisi ekstrak etil asetat daun suji meningkat dari konsentrasi 0% hingga mencapai nilai optimum pada 0,15% dengan efisiensi masing-masing 93,37% pada HCl 3,5% dan 65,91% pada NaCl 3,5% pada waktu perendaman optimum 12 hari namun menurun pada konsentrasi 0,20–0,25% akibat terjadinya agregasi molekul inhibitor. Perbandingan kedua media menunjukkan bahwa meskipun laju korosi pada HCl 3,5% lebih tinggi tetapi penggunaan ekstrak etil asetat daun suji akan menghasilkan efisiensi inhibisi yang lebih besar pada media HCl 3,5% dibandingkan NaCl 3,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekunle, A., Durodola, S., Olasunkami, L. O., dan Oyekunle, J. A. O. 2021. Investigation on Corrosion Inhibition of Mild Steel by Extract of *Dracaena arborea* Leaves in Acidic Medium. *Chemistry Africa*, 4(1): 647-658.
- Alhaffar, M. T., Umoren, S. A., Obot, I. B., dan Ali, S. A. 2018. Isoxazolidine Derivatives as Corrosion Inhibitors for Low Carbon Steel in HCl Solution: Experimental, Theoretical and Effect of KI Studies. *Royal Society of Chemistry*, 8(1): 1-14.
- Depkes RI. 2008. *Farmakope Herbal Indonesia*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- Furtado, L. B., dan Nascimento, R. 2021. *Sustainable Corrosion Inhibitors II*. American Chemical Society. Washington DC.
- Gapsari, F. 2017. *Pengantar Korosi*. UB Media. Malang.
- Gong, S., Yang, C., Li, M., dan Li, X. 2025. Study On the Correlation Between Proton Transfer of Phenolic Hydroxyl Groups of 6 Flavonoid Compounds and Their Antioxidant Activities.

- Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, 18(1): 1-19.
- Harborne, J. 1967. *Comparative Biochemistry of the Flavonoids*. Academic Press. Michigan.
- Harborne, J. 1987. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Penerbit ITB. Bandung.
- Jafari, S. A., dan Entezari. 2020. Salting Out in ACN/water Systems: Hofmeister Effects and Partition of Quercetin. *Journal of Molecular Liquids*, 312(1): 1-49.
- Jayanti, R. G. 2021. Studi Pengujian Sifat Mekanik Material Baja ST-37. *Jurnal Teknik Industri*, 29(2): 66-73.
- Lubis, S., Sayuti, M., Muhammad, Mulayawan, R., dan Islami, N. 2025. Effect of Jackfruit Seed Extract (*Artocarpus heterophyllus*) Concentration on Corrosion Inhibition of Galvanized Steel in Seawater. *Jurnal Polimesin*, 23(1): 101-105.
- Naviglio, D., Trifuoggi, M., Varchetta, F., Nebbioso, V., Perrone, A., Avolio, L., Martino, E. D., Montesano, D., dan Gallo, M. 2023. Efficiency of Recovery of the Bioactive Principles of Plants by Comparison between Solid-Liquid Extraction in Mixture and Single-Vegetable Matrices via Maceration and RSLDE. *Plants*, 12(1): 1-18.
- Pardede, S. U., Komalasari, dan Zultiniar. 2019. Ekstrak Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai Green Corrosion Inhibitor pada Baja Karbon Rendah dalam Larutan HCl 0.5 M dan 1 M. *Jurnal Online Fakultas Teknik*, 6(1): 1-6.
- Pourmohseni, M., Rashidi, A., dan Karimkhani, M. 2024. Preparation of Corrosion Inhibitor from Natural Plant for Mild Steel Immersed In An Acidic Environmental: Experimental and Theoretical Study. *Scientific Reports*, 14(1): 1-15.
- Putriyana. 2023. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Suji (*Dracaena angustifolia*) Dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). Zahra: *Journal Of Health And Medical Research*, 3(1): 86-97.
- Saputra, T. R., Purnamasari, E., dan Aloanis, A. A. 2019. Isolasi Senyawa Flavonoid dari Tumbuhan Cocor Bebek Sebagai Sediaan Inhibitor Korosi. *Fullerene*, 4(2): 72-75.
- Suwartini, L., Yanti, N., dan Efrinalia, W. 2021. Optimasi Kondisi Pengujian Senyawa Flavonoid Total di dalam Ekstrak Tanaman Sebagai Pengayaan Bahan Ajar Praktikum Makromolekul dan Hasil Alam di Laboratorium Kimia Organik. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(1): 28-35.
- Walencik, P. K., Choinska, R., Golebiewska, E., dan Kalinowska, M. 2024. Metal-Flavonoid Interactions-From Simple Complexes to Advanced Systems. *Molecules*, 29(11): 1-25.
- Wei, H., Heidarsheenas, B., Zhou, L., Hussain, G., Li, G., dan Ostrikov, K. 2020. Green Inhibitor For Steel Corrosion in Acidic Environment: State of Art. *Materials Today Sustainability Journal*, 20(1): 1-42.
- Yanti, N. K. L. P., Nastiti, K., dan Noval. 2023. Pengaruh Perbedaan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata L.*), *Jurnal Surya Merdeka*, 9(1):34-44.