

Potensi Ekstrak Kunyit sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan untuk Baja Karbon Rendah

Gita Nur Sajida*, Gustin Mustika Krista, Hermin Kartika Sari, Teguh Taufiqurohim, Yohana Fransiska Ferawati, Rony Pasonang Sihombing

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung

*E-mail: gita.nur.sajida@polban.ac.id

Abstract

Article history:

Received: 27-07-2025

Accepted: 13-08-2025

Published: 28-08-2025

Keywords:

corrosion;

inhibition efficiency;

low-carbon steel;

turmeric extract;

weight loss.

*Corrosion is a significant metal degradation problem causing substantial economic losses, particularly in the oil and gas industry. Traditional chromate-based inhibitors are toxic, spurring the search for eco-friendly alternatives. This article explores the potential of *Curcuma longa* (turmeric) extract as a natural corrosion inhibitor for low-carbon steel plates in acidic and basic media. This study tests turmeric extract on low-carbon steel plates in HCl and NaOH media using immersion test (weight loss). The active compound curcumin in turmeric extract effectively inhibits corrosion. Its effectiveness is highly dependent on the solvent type and concentration; 0.25% NaOH yields up to ~87% effectiveness at 1000 ppm turmeric concentration, with a corrosion rate of 0.697 mdd, significantly outperforming 0.25% HCl which only reaches ~22% at similar concentrations with a corrosion rate of 133.99 mdd. Increasing NaOH concentration to 0.50% drastically enhances initial effectiveness, reaching ~63% at 100 ppm, and >90% at 400 ppm, with the corrosion rate dropping to 0.668 mdd.*

1. Pendahuluan

Korosi adalah fenomena degradasi logam yang bersifat spontan, di mana logam bereaksi secara kimia maupun elektrokimia dengan lingkungannya, seperti dalam larutan asam atau air laut yang kaya ion klorida, untuk berubah menjadi bentuk yang lebih stabil. Proses ini tidak hanya merusak estetika dan integritas material, tetapi juga secara signifikan mengurangi kekuatan struktural dan masa pakai komponen logam. Korosi adalah proses penuaan yang menyebabkan kerugian komersial yang sangat besar. Masalah korosi menimbulkan kerugian ekonomi yang substansial di berbagai sektor industri. Di Amerika Serikat, perkiraan biaya langsung korosi tahunan pada tahun 2002 mencapai USD 276 miliar[1]. Logam yang mengalami penurunan mutu tidak hanya melibatkan reaksi kimia tetapi juga reaksi elektrokimia, yaitu antara bahan-bahan yang bersangkutan dengan terjadinya perpindahan elektron. Banyak faktor yang dapat memicu korosi, termasuk komposisi logam, struktur atom, cacat mikro dan makroskopik, serta respons terhadap tegangan. Selain itu, lingkungan dan sifat kimianya, kualitas dan kuantitas spesies reaktif, tekanan, suhu, antarmuka logam-lingkungan, serta kinetika oksidasi dan pelarutan logam dalam larutan juga berperan. Tingginya konsentrasi ion klorida di

air laut, misalnya, dapat mempercepat laju korosi[2-5].

Secara historis, pencegahan korosi sering mengandalkan inhibitor berbasis kromat [2, 3, 6-9]. Namun, senyawa ini terbukti beracun dan berbahaya bagi lingkungan[10]. Seiring dengan peningkatan kesadaran akan dampak lingkungan, lembaga-lembaga lingkungan di berbagai negara telah memberlakukan aturan dan peraturan ketat terkait penggunaan serta pembuangan inhibitor korosi. Peraturan ini menuntut pengembangan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan aman, yang sejalan dengan tuntutan global akan teknologi hijau[11, 12]. Upaya untuk menggantikan inhibitor sintesis beracun ini telah mendorong eksplorasi terhadap senyawa-senyawa lain dari bahan alam, terutama tumbuhan, yang diketahui kaya akan senyawa aktif seperti polifenol, flavonoid, dan alkaloid.

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan efektivitas ekstrak tumbuhan seperti daun pepaya[6], teh hijau[13], dan ekstrak biji mangga[14] sebagai inhibitor korosi untuk berbagai jenis logam. Namun, hasil tersebut bervariasi tergantung pada jenis media korosif, konsentrasi inhibitor, dan karakteristik logam yang digunakan. Hingga saat ini, kajian tentang ekstrak *Curcuma longa* sebagian besar terbatas pada media asam, seperti HCl, dengan sedikit

laporan yang mengkaji efektivitasnya dalam media basa atau perbandingan antar media.

Inovasi yang sangat menjanjikan dalam konteks pencarian solusi berkelanjutan datang dari alam dalam bentuk inhibitor korosi alami yang diekstrak dari tumbuhan. Inhibitor alami ini menawarkan banyak keuntungan: bahan tidak hanya non-toksik, ramah lingkungan, dan dapat diperbarui, tetapi juga relatif murah dan mudah didapat. Sifat-sifat unggul ini menjadikannya pilihan yang ideal untuk menggantikan inhibitor sintetis yang berbahaya. Berbagai penelitian telah mulai berkembang dan menunjukkan potensi besar dari ekstrak tumbuhan, seperti teh, kopi, tembakau, dan daun pepaya, dalam melindungi berbagai jenis baja dan logam lainnya [1].

Sebagai contoh, penggunaan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor korosi pada baja AISI 4140 dalam medium air laut telah diteliti [6]. Selain itu, ekstrak teh, kopi, dan tembakau juga digunakan sebagai inhibitor korosi pada cat untuk pelat kapal A36 [3]. Ekstrak produk alami kaya akan beberapa fitokimia, seperti alkaloid, asam karboksilat, nikotin, polifenol, kina, terpen, flavonoid, dan beberapa elemen lain seperti C, N, O, dan S. Ekstrak alami ini dapat digunakan sebagai penghambat korosi hijau yang efektif [1]. Ekstrak bahan nabati menjadi pilihan utama sebagai inhibitor korosi yang ramah lingkungan karena kaya akan fitokimia, mudah didapat, hemat biaya, dan tidak memerlukan proses sintesis yang rumit. Namun, penggunaan ekstrak mentah ini memiliki beberapa kelemahan signifikan yang menjadi tantangan dalam aplikasinya di industri. Kelemahan utamanya adalah stabilitas yang buruk dan masa simpan yang pendek, serta rentan terhadap pertumbuhan jamur atau mikroba saat disimpan lama, yang dapat menurunkan efektivitasnya [13].

Konsentrasi ekstrak *Curcuma longa* yang lebih tinggi menghasilkan hambatan korosi yang lebih kuat pada baja ringan dalam larutan asam klorida [12]. Salah satu contoh yang paling menonjol dari inhibitor alami adalah ekstrak kunyit (*Curcuma longa*), yang kaya akan senyawa aktif bernama kurkumin. Kurkumin adalah senyawa polifenol dari kelompok *diarylheptanoid*. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa kurkumin memiliki kemampuan membentuk kompleks stabil dengan ion logam melalui gugus β -diketon dan gugus fenoliknya [15, 16] Interaksi ini

memungkinkan terbentuknya lapisan protektif di atas permukaan logam yang menghambat masuknya ion korosif, sekaligus memperlambat laju pertukaran elektron antara logam dan media korosif.

Studi sebelumnya belum banyak membahas perbandingan efektivitas ekstrak kunyit dalam media korosif yang berbeda, khususnya antara HCl dan NaOH, serta belum mengkaji pengaruh konsentrasi terhadap performa stabilitas inhibitor secara sistematis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab gap tersebut dengan membandingkan efektivitas ekstrak kunyit dalam dua jenis media korosif serta mengevaluasi tren efektivitas terhadap variasi konsentrasi.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa efektivitas kunyit sebagai inhibitor korosi meningkat dengan peningkatan konsentrasi. Misalnya, ekstrak kunyit dalam 0,5 M HCl menunjukkan efisiensi inhibisi hingga 90% pada konsentrasi 8 g/100 mL. Efisiensi ini juga dipengaruhi oleh suhu dan waktu perendaman [13, 14, 17].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi lebih lanjut potensi inhibitor korosi alami dari ekstrak kunyit menggunakan pelat baja karbon rendah sebagai material uji dalam media HCl dan NaOH.

2. Metode

2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan ekstrak *Curcuma longa* (kunyit) sebagai bahan inhibitor. Material uji adalah pelat baja karbon rendah. Media korosi yang digunakan adalah larutan HCl dan NaOH dengan konsentrasi yang bervariasi (0,25% dan 0,50% untuk NaOH, serta 0,25% untuk HCl). Bahan-bahan kimia lain untuk persiapan material uji dan pengujian meliputi etanol teknis dan aquadest.

2.2 Preparasi Sampel Uji

Pelat baja karbon rendah sebagai material uji diampelas secara mekanis dengan seri kertas amplas 1000 grade. Sampel kemudian dicuci bersih dengan aquadest, dihilangkan lemaknya dengan etanol teknis, dan dikeringkan di suhu ruang. Luas permukaan yang terpapar dipertahankan konstan selama pengujian [12,17].

2.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian laju korosi dengan metode kehilangan berat (*weight loss*). Sampel pelat baja karbon rendah mendapatkan persiapan material kemudian ditimbang dan diukur luas permukaan kontakannya. Pelat kemudian direndam total dalam 100 mL larutan uji (media HCl atau NaOH tanpa atau dengan ekstrak kunyit 100, 200, 400, 700, dan 1000 ppm) dalam gelas kerja selama 7 hari pada suhu ruang. Setelah perendaman, sampel dicuci, dikeringkan, dan ditimbang kembali untuk menentukan kehilangan beratnya. Laju korosi dan efisiensi inhibisi dihitung berdasarkan selisih berat dan luas permukaan sampel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Laju korosi

Tabel 1 menunjukkan laju korosi (mdd) pelat baja karbon rendah pada berbagai konsentrasi pelarut. Laju ini menunjukkan data kuantitatif yang jelas mengenai kinerja ekstrak kunyit sebagai inhibitor dalam berbagai kondisi pelarut.

Tabel 1 Laju korosi pelat baja karbon rendah pada berbagai konsentrasi dan pelarut

Inhibitor (ppm)	Laju korosi (mdd) pada		
	0,25% NaOH	0,50% NaOH	0,25% HCl
0	5,19	9,16	172,79
100	4,27	3,34	163,66
200	4,00	1,22	156,11
400	3,26	0,67	147,96
700	2,04	0,62	141,35
1000	0,69	0,59	133,99

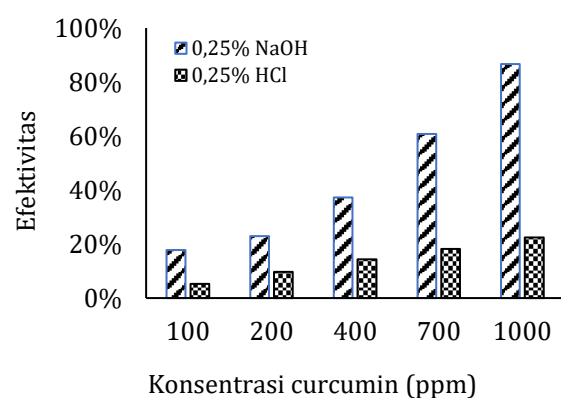
Pada media 0,25% NaOH, laju korosi tanpa inhibitor tercatat 5,19 mdd. Dengan penambahan 100 ppm ekstrak kunyit, laju korosi menurun menjadi 4,27 mdd. Penurunan ini terus berlanjut secara signifikan seiring peningkatan konsentrasi ekstrak kunyit, mencapai 0,69 mdd pada 1000 ppm. menunjukkan efektivitas tinggi inhibitor dalam media basa ini. Selanjutnya, di media 0,50% NaOH, laju korosi tanpa inhibitor adalah 9,16 mdd. Laju korosi awal tanpa inhibitor di media ini lebih tinggi dibandingkan 0,25% NaOH, yang mengindikasikan media 0,50% NaOH lebih korosif terhadap baja karbon rendah. Namun,

penambahan ekstrak kunyit menghasilkan penurunan laju korosi yang dramatis, yaitu 3,34 mdd pada 100 ppm dan mencapai nilai terendah 0,59 mdd pada 1000 ppm, menandakan kinerja inhibisi yang luar biasa.

Berbeda dengan media basa, di media 0,25% HCl, laju korosi awal sangat tinggi yaitu 172,79 mdd, menegaskan sifat agresif asam terhadap baja karbon rendah. Meskipun ada penurunan laju korosi dengan penambahan ekstrak kunyit menjadi 163,66 mdd pada 100 ppm dan 133,99 mdd pada 1000 ppm, nilai ini tetap secara signifikan lebih tinggi dibandingkan laju korosi di media NaOH, menunjukkan bahwa efektivitas inhibisi ekstrak kunyit terbatas dalam lingkungan asam kuat.

3.2 Analisis Efektivitas pada Lingkungan Asam dan Basa

Gambar 1 menyajikan perbandingan krusial mengenai efektivitas inhibisi ekstrak kunyit pada pelat baja karbon rendah dalam dua lingkungan pelarut yang berbeda secara fundamental: larutan basa kuat (Natrium Hidroksida, NaOH 0,25%) dan larutan asam kuat (Asam Klorida, HCl 0,25%). Kedua pelarut ini diuji pada rentang konsentrasi ekstrak kunyit yang identik, yaitu dari 100 hingga 1000 ppm. Hasil yang paling mencolok dari perbandingan ini adalah perbedaan kinerja yang sangat signifikan, menegaskan peran krusial pH lingkungan terhadap efektivitas ekstrak kunyit sebagai inhibitor korosi.



Gambar 1. Grafik efektivitas inhibisi ekstrak kunyit pada pelat baja karbon rendah dalam media 0,25% NaOH dan 0,25% HCl

Secara spesifik, ketika ekstrak kunyit dilarutkan dalam 0,25% NaOH, efektivitas inhibisinya menunjukkan korelasi positif yang kuat dan konsisten dengan peningkatan

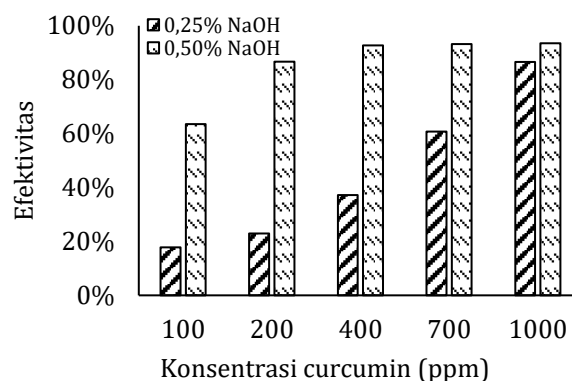
konsentrasi ekstrak kunyit. Pada konsentrasi terendah 100 ppm, efektivitas awal tercatat sebesar 18%. Angka ini kemudian menunjukkan peningkatan substansial di setiap titik konsentrasi: mencapai 23% pada 200 ppm, 37% pada 400 ppm, 60% pada 700 ppm, dan puncaknya mencapai 87% pada konsentrasi 1000 ppm. Tren peningkatan yang stabil dan signifikan ini sangat positif, mengindikasikan bahwa dalam lingkungan basa yang optimal, kurkumin mampu menunjukkan potensi inhibisi yang tinggi dan efektivitasnya dapat dioptimalkan lebih lanjut dengan peningkatan dosis. Peningkatan efektivitas ini kemungkinan besar disebabkan oleh peningkatan adsorpsi molekul kurkumin pada permukaan baja seiring dengan ketersediaan molekul yang lebih banyak.

Sebaliknya, ketika ekstrak kunyit dilarutkan dalam 0,25% HCl, performa inhibisinya sangat rendah dan cenderung stagnan diseluruh rentang konsentrasi yang diuji. Efektivitasnya tidak pernah melampaui 20%, dengan nilai-nilai yang sangat rendah: sekitar 5% pada 100 ppm, 9% pada 200 ppm, 15% pada 400 ppm, 18% pada 700 ppm, dan hanya mencapai puncaknya di sekitar 22% pada 1000 ppm. Fluktuasi kecil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak kunyit dalam lingkungan asam tidak memberikan kontribusi yang berarti terhadap peningkatan efektivitas inhibisi korosi. Kontras yang tajam antara kedua pelarut ini menegaskan bahwa lingkungan asam yang diciptakan oleh HCl kurang mendukung, atau bahkan menghambat, mekanisme inhibisi ekstrak kunyit pada pelat baja karbon rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa lingkungan basa yang kuat dan konsentrasi NaOH yang optimal sangat penting untuk mencapai efektivitas ekstrak kunyit yang tinggi[18]. Kemungkinan besar, sifat kelarutan, stabilitas, atau reaktivitas kurkumin, sebagai senyawa polifenol, sangat dioptimalkan dalam kondisi basa, dibandingkan dengan lingkungan asam di mana kurkumin bisa terdegradasi atau terprotonasi menjadi bentuk yang kurang aktif dalam proses inhibisi. Mekanisme penghambatan korosi dari ekstrak Curcuma longa pada permukaan baja ringan dalam HCl menunjukkan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak, energi aktivasi, entalpi aktivasi, dan entropi aktivasi yang lebih tinggi diperoleh, meskipun efektivitasnya rendah. Hal ini menunjukkan adanya interaksi, namun tidak

cukup efektif untuk menghambat korosi secara signifikan dalam media asam.

3.3 Analisis Efektivitas pada Lingkungan Basa Berbeda Konsentrasi

Gambar 2 menyajikan pengaruh dari konsentrasi larutan stok pelarut basa (NaOH) terhadap efektivitas ekstrak kunyit sebagai inhibitor pada pelat baja karbon rendah. Perbandingan spesifik dilakukan antara dua konsentrasi NaOH yang berbeda: 0,25% NaOH dan 0,50% NaOH. Hasil yang dominan adalah peningkatan konsentrasi larutan stok NaOH secara dramatis meningkatkan daya inhibisi ekstrak kunyit di seluruh rentang konsentrasi ekstrak kunyit yang diuji.



Gambar 2. Grafik efektivitas inhibisi ekstrak kunyit pada pelat baja karbon rendah dalam media 0,25% dan 0,50% NaOH

Ketika ekstrak kunyit dilarutkan dalam 0,50% NaOH (diwakili oleh batang jingga), efektivitas inhibisinya menunjukkan lompatan signifikan dan mencapai tingkat yang sangat tinggi bahkan pada konsentrasi ekstrak kunyit terendah. Pada 100 ppm ekstrak kunyit, efektivitasnya sudah mencapai 63%, sebuah angka yang jauh melampaui 18% yang dicapai dengan 0,25% NaOH pada konsentrasi ekstrak yang sama. Efektivitas terus melonjak menjadi 85% pada 200 ppm, mencapai 92% pada 400 ppm, dan kemudian menunjukkan nilai mendatar pada efektivitas di atas 90% dari konsentrasi 700 ppm hingga 1000 ppm. Pola ini menunjukkan bahwa dengan pelarut yang lebih pekat, efektivitas maksimal dapat dicapai lebih cepat dan pada dosis ekstrak kunyit yang lebih rendah. Ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH 0,50% memberikan dorongan awal yang besar dan mampu mempertahankan efektivitas tinggi seiring peningkatan konsentrasi kunyit.

Perbandingan langsung antara kedua seri data menegaskan superioritas pelarut 0,50% NaOH. Misalnya, pada konsentrasi ekstrak kunyit 400 ppm, efektivitas dengan 0,50% NaOH mencapai sekitar 92%, sementara dengan 0,25% NaOH hanya sekitar 37%. Perbedaan yang mencolok ini menggarisbawahi kesimpulan fundamental: konsentrasi larutan stok pelarut merupakan faktor krusial yang menentukan potensi maksimal efektivitas ekstrak kunyit sebagai inhibitor pada pelat baja karbon rendah. Doubling konsentrasi NaOH dari 0,25% menjadi 0,50% tidak hanya meningkatkan, tetapi secara drastis memperkuat efektivitas inhibisinya. Hal ini mungkin terjadi karena konsentrasi basa yang lebih tinggi meningkatkan kelarutan dan stabilitas kurkumin, memfasilitasi pembentukan lapisan adsorpsi yang lebih padat dan protektif pada permukaan logam. Mekanisme ini melibatkan interaksi antara molekul kunyit (kurkumin) dengan permukaan logam, di mana lingkungan basa dapat mempromosikan deprotonasi gugus fungsional kurkumin, meningkatkan afinitasnya terhadap permukaan baja [19]. Efektivitas inhibisi juga bergantung pada energi aktivasi dan pembentukan lapisan pasif yang stabil, yang sangat dipengaruhi oleh kondisi pH dan konsentrasi inhibitor [18].

Gambar 1 dan Gambar 2 secara komprehensif mengilustrasikan dampak kritis jenis dan konsentrasi pelarut terhadap efektivitas ekstrak kunyit sebagai inhibitor pada pelat baja karbon rendah. Grafik pertama dengan jelas menunjukkan superioritas pelarut basa (NaOH) dibandingkan pelarut asam (HCl) dalam mengaktifkan atau meningkatkan efektivitas ekstrak kunyit. Tanpa lingkungan basa yang tepat, potensi penuh ekstrak kunyit tampaknya tidak dapat terealisasi, bahkan pada konsentrasi tinggi.

Melanjutkan dari temuan pH, grafik kedua kemudian mengeksplorasi optimasi konsentrasi NaOH itu sendiri. Terlihat bahwa peningkatan konsentrasi NaOH dari 0,25% menjadi 0,50% secara umum meningkatkan efektivitas, terutama pada konsentrasi ekstrak kunyit yang lebih rendah dan tinggi. Dengan 0,50% NaOH, tingkat efektivitas di atas 90% dapat dicapai lebih cepat pada konsentrasi ekstrak kunyit 700 ppm, dibandingkan dengan 0,25% NaOH yang membutuhkan 1000 ppm untuk mencapai efektivitas serupa. Hal ini menunjukkan adanya "titik optimal" dalam konsentrasi NaOH untuk memaksimalkan efektivitas ekstrak kunyit

dengan efisiensi penggunaan ekstrak kunyit. Secara keseluruhan, data ini menyimpulkan bahwa lingkungan basa yang kuat dan konsentrasi NaOH yang optimal sangat penting untuk mencapai efektivitas ekstrak kunyit yang tinggi pada pelat baja karbon rendah.

3.4 Stabilitas Efektivitas terhadap Waktu dan Konsentrasi

Evaluasi terhadap efektivitas inhibitor korosi tidak hanya didasarkan pada besarnya penurunan laju korosi, tetapi juga pada kemampuannya menjaga performa selama waktu tertentu dan dalam berbagai tingkat konsentrasi. Stabilitas kinerja menjadi aspek penting yang menentukan apakah suatu inhibitor layak diterapkan pada sistem nyata, terutama untuk aplikasi industri yang berlangsung dalam periode berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan metode perendaman statis selama tujuh hari sebagai simulasi sederhana dari kondisi operasional jangka pendek. Perendaman dilakukan menggunakan larutan korosif yang mengandung ekstrak *Curcuma longa* pada konsentrasi mulai dari 100 hingga 1000 ppm. Meskipun tidak dilakukan pengamatan harian, selisih massa pelat baja sebelum dan sesudah uji memberikan gambaran total aktivitas korosi serta efektivitas perlindungan selama masa paparan tersebut.

Tren data menunjukkan penurunan laju korosi yang konsisten pada pelarut basa seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Misalnya, dalam larutan NaOH 0,25%, laju korosi menurun dari 5,19 mdd tanpa inhibitor menjadi hanya 0,69 mdd pada konsentrasi 1000 ppm. Efektivitas yang tinggi dan cenderung stabil juga terlihat pada NaOH 0,50%, di mana penurunan laju korosi dari 9,16 mdd menjadi 0,59 mdd dicapai secara progresif. Tidak ditemukan pola penurunan efektivitas pada konsentrasi tinggi, yang menandakan tidak terjadi kejenuhan berlebih atau degradasi zat aktif selama periode pengujian.

Efektivitas tinggi yang tercapai sejak konsentrasi 400 ppm pada NaOH 0,50% dan bertahan hingga 1000 ppm mengindikasikan bahwa permukaan baja telah tertutup secara optimal oleh molekul kurkumin. Penambahan konsentrasi di atas titik tersebut tidak menghasilkan peningkatan perlindungan yang signifikan, yang berarti sistem telah mencapai titik jenuh adsorpsi. Fenomena ini mencerminkan terbentuknya lapisan pelindung

yang merata dan relatif stabil terhadap serangan ion korosif.

Fenomena peningkatan efektivitas pada media basa dapat dijustifikasi oleh sifat kimia kurkumin yang bersifat polifenolik dengan gugus β -diketon. Pada pH basa, gugus fenol mengalami deprotonasi sehingga bermuatan negatif, yang meningkatkan afinitasnya terhadap permukaan baja bermuatan positif akibat pelepasan elektron selama korosi. Kondisi ini memfasilitasi pembentukan ikatan koordinasi antara gugus donor elektron kurkumin dan ion logam Fe^{2+}/Fe^{3+} di permukaan, menghasilkan lapisan chelate yang stabil. Lingkungan basa juga memperbaiki kelarutan kurkumin sehingga distribusinya dalam media lebih homogen, memaksimalkan cakupan lapisan adsorpsi pada permukaan logam.

Berbeda halnya pada pelarut asam. Efektivitas inhibisi di HCl 0,25% menunjukkan peningkatan yang kurang berarti walaupun konsentrasi ekstrak ditingkatkan. Penurunan laju korosi dari 172,79 mdd menjadi 133,99 mdd pada 1000 ppm memang terjadi, namun efektivitasnya hanya sekitar 22%, jauh lebih rendah dibanding pelarut basa. Hal ini mengindikasikan bahwa kurkumin tidak bekerja optimal pada lingkungan asam kuat. Pada pH rendah, gugus fenol kurkumin mengalami protonasi, sehingga kehilangan kemampuan untuk mendonorkan pasangan elektron bebas kepada ion logam. Akibatnya, pembentukan ikatan koordinasi dan lapisan pelindung menjadi tidak efisien. Selain itu, ion H^+ yang melimpah dapat memutus ikatan lemah yang mungkin terbentuk antara inhibitor dan permukaan baja, sehingga lapisan protektif mudah terdisrupsi.

Stabilitas efektivitas yang ditunjukkan oleh ekstrak kunyit pada sistem basa memberikan indikasi kuat bahwa senyawa ini mampu membentuk film pelindung yang tidak mudah terurai dalam periode waktu pendek-menengah. Kemungkinan pembentukan kompleks antara gugus β -diketon dan ion logam Fe^{2+} turut mendukung terbentuknya lapisan yang kuat dan tahan larut. Lapisan tersebut diyakini menjadi penghalang efektif terhadap penetrasi ion-ion agresif, seperti OH^- atau O_2 terlarut, yang berkontribusi terhadap reaksi oksidasi pada permukaan logam. Konsistensi efektivitas ini mengindikasikan bahwa mekanisme penghambatan didominasi oleh chemisorption, yang bersifat lebih kuat dan stabil dibanding physisorption, sehingga

proteksi tetap bertahan sepanjang waktu perendaman.

Penggunaan dosis ekstrak yang efisien juga menjadi keuntungan tersendiri. Efektivitas telah mencapai lebih dari 90% bahkan pada konsentrasi 400 ppm di media NaOH 0,50%, yang menunjukkan bahwa biaya penggunaan bahan inhibitor alami ini dapat ditekan tanpa mengorbankan performa. Rasio efisiensi terhadap konsentrasi menunjukkan tren yang menguntungkan bagi pengembangan aplikasi berbiaya rendah.

Perlu dicatat bahwa kestabilan ekstrak kunyit dalam sistem basa, baik dari segi efektivitas maupun keseragaman data, menjadi poin penting untuk keperluan skala industri. Sistem pelindung pada pipa, tangki, atau reaktor logam berbasis larutan alkali akan sangat terbantu oleh keberadaan inhibitor yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mampu menjaga kinerja tanpa perlu penggantian rutin dalam waktu singkat.

Sebaliknya, efektivitas yang rendah dan tidak konsisten pada media asam menunjukkan perlunya pengembangan formulasi lebih lanjut. Salah satu pendekatan yang dapat dipertimbangkan adalah kombinasi ekstrak kunyit dengan senyawa lain yang lebih stabil pada pH rendah, atau modifikasi struktur kurkumin untuk meningkatkan toleransinya terhadap kondisi asam kuat.

Rangkaian data tersebut mengarah pada kesimpulan bahwa stabilitas efektivitas ekstrak Curcuma longa tergolong baik dalam media basa, baik terhadap waktu maupun konsentrasi. Ketahanan ini menjadi nilai tambah penting bagi aplikasi nyata yang memerlukan proteksi logam secara berkelanjutan. Lingkungan asam, di sisi lain, masih menjadi tantangan bagi penerapan langsung ekstrak kunyit sebagai inhibitor utama, meskipun indikasi interaksi awal tetap terdeteksi.

4. Kesimpulan

Efektivitas ekstrak kunyit sebagai inhibitor korosi pada pelat baja karbon rendah sangat bergantung pada jenis dan konsentrasi pelarut. Pelarut basa seperti NaOH jauh lebih unggul daripada HCl; efektivitas mencapai puncak 87% pada 1000 ppm kunyit dengan 0,25% NaOH, sementara HCl 0,25% hanya mencapai 22% pada konsentrasi yang sama. Peningkatan konsentrasi NaOH menjadi 0,50% meningkatkan efektivitas secara signifikan,

mencapai laju korosi terendah 0,598 mdd pada 1000 ppm. Bahkan pada 400 ppm, efektivitas dengan 0,50% NaOH mencapai 92% (laju korosi 0,668 mdd), jauh melampaui 0,25% NaOH yang hanya 37% (laju korosi 3,263 mdd) pada konsentrasi yang sama. Meskipun media HCl sangat korosif (133,99 mdd pada 1000 ppm), ekstrak kunyit menunjukkan potensi besar sebagai agen anti-korosi ramah lingkungan, mencapai efektivitas lebih dari 90% pada kondisi optimal, sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan yang mendukung efektivitas maksimal dan memahami mekanisme interaksi molekulernya.

Daftar Pustaka

- [1] Aslam, R., Mobin, M., Zehra, S., & Aslam, J., 2022. *A comprehensive review of corrosion inhibitors employed to mitigate stainless steel corrosion in different environments*. Journal of Molecular Liquids, Vol. 364, p. 119992.
- [2] Sitepu, H. S., Priyotomo, G., & Dwiyantri, Y., 2021. *Pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun talas terhadap laju korosi pada baja API 5l x-52 dengan media korosif H₂SO₄ 0,5 M*. Jurnal Furnace, Vol. 4, No. 1, pp. 1-7.
- [3] Yanuar, A. P., Pratikno, H., & Titah, H. S., 2017. *Pengaruh penambahan inhibitor alami terhadap laju korosi pada material pipa dalam larutan air laut buatan*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 5, No. 2.
- [4] Chauhan, D. S., Quraishi, M., & Qurashi, A., 2021. *Recent trends in environmentally sustainable sweet corrosion inhibitors*. Journal of Molecular Liquids, Vol. 326, p. 115117.
- [5] Aslam, R. et al., 2022. *Corrosion inhibition of steel using different families of organic compounds: Past and present progress*. Journal of Molecular Liquids, Vol. 348, p. 118373.
- [6] Roni, K. A., Elfidiah, E., Yuliwati, E., & Marselia, B., 2022. *Penambahan inhibitor ekstrak daun pepaya (carica papaya l.) terhadap pengaruh laju korosi pada baja karbon dalam larutan air laut*. Jurnal Redoks, Vol. 7, No. 1, pp. 28-35.
- [7] Mashuga, M. E., Olasunkanmi, L. O., & Ebenso, E. E., 2017. *Experimental and theoretical investigation of the inhibitory effect of new pyridazine derivatives for the corrosion of mild steel in 1 M HCl*. Journal of Molecular Structure, Vol. 1136, pp. 127-139.
- [8] Al Jahdaly, B. A., Maghraby, Y. R., Ibrahim, A. H., Shouier, K. R., Alturki, A. M., & El-Shabasy, R. M., 2022. *Role of green chemistry in sustainable corrosion inhibition: A review on recent developments*. Materials today sustainability, Vol. 20, p. 100242.
- [9] Loukili, H., Azzaoui, K., Bouyanzer, A., Kertit, S., & Hammouti, B., 2022. *Corrosion inhibition using green inhibitors: An overview*. Maghrebien Journal of Pure and Applied Science, Vol. 8, No. 2, pp. 82-93.
- [10] Edraki, M., Zaarei, D., & Sabeeh Hasan, I., 2023. *The impact of green corrosion inhibitors on the protection performance of hybrid silane sol-gel coatings: A review*. Chemical Review and Letters, Vol. 6, No. 4, pp. 428-441.
- [11] Harvey, T., Walsh, F., & Nahlé, A., 2018. *A review of inhibitors for the corrosion of transition metals in aqueous acids*. Journal of Molecular Liquids, Vol. 266, pp. 160-175.
- [12] Kairi, N. I. & Kassim, J., 2013. *The effect of temperature on the corrosion inhibition of mild steel in 1 M HCl solution by curcuma longa extract*. International Journal of Electrochemical Science, Vol. 8, No. 5, pp. 7138-7155.
- [13] Rani, B. A. & Basu, B. B. J., 2012. *Green inhibitors for corrosion protection of metals and alloys: An overview*. International Journal of corrosion, Vol. 2012, No. 1, p. 380217.
- [14] Obot, I. & Obi-Egbedi, N., 2010. *Adsorption properties and inhibition of mild steel corrosion in sulphuric acid solution by ketoconazole: Experimental and theoretical investigation*. Corrosion Science, Vol. 52, No. 1, pp. 198-204.
- [15] Solmaz, R., 2014. *Investigation of corrosion inhibition mechanism and stability of vitamin B1 on mild steel in 0.5 M HCl solution*. Corrosion Science, Vol. 81, pp. 75-84.
- [16] Khaled, K. & Amin, M. A., 2009. *Corrosion monitoring of mild steel in sulphuric acid solutions in presence of some thiazole derivatives—molecular dynamics, chemical and electrochemical studies*. Corrosion Science, Vol. 51, No. 9, pp. 1964-1975.

- [17] Ashwini, N., Dileep, R., & Ranganatha, S., 2023. *Curcumin and curcumin derivatives as green corrosion inhibitor-a review*. *Phys. Chem. Res*, Vol. 11, pp. 825-835.
- [18] Verma, C., Quraishi, M., & Rhee, K. Y., 2022. *Electronic effect vs. Molecular size effect: Experimental and computational based designing of potential corrosion inhibitors*. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 430, p. 132645.
- [19] Chiorcea-Paquim, A.-M., 2023. *Electrochemical sensing of curcumin: A review*. *Antioxidants*, Vol. 12, No. 12, p. 2029.