

EKSTRAK BAHAN ALAM SEBAGAI INHIBITOR HIJAU PADA KOROSI BAJA

Natural Products as a Green Inhibitor of Corrosion on Steel

Muhamad Akrom¹⁾

¹⁾Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
Semarang, Indonesia

¹⁾e-mail: m.akrom@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Baja merupakan salah satu material yang memiliki ketahanan lemah terhadap korosi apabila berada pada lingkungan korosif. Penggunaan inhibitor bahan alam mampu memberikan performa yang baik dalam menghambat korosi pada baja dengan efisiensi inhibisi yang tinggi. Ekstrak tanaman yang efisien digunakan sebagai inhibitor korosi adalah senyawa yang dalam strukturnya mengandung gugus heteroatom (seperti O, N, S, P) dan cincin aromatik yang dapat memfasilitasi terbentuknya lapisan teradsorpsi untuk melindungi baja dari serangan korosi. Tinjauan makalah ini memberikan literatur komparatif penting bagi pengembangan dan pemanfaatan green inhibitor dari berbagai ekstrak tanaman untuk baja dalam media asam. Investigasi lebih lanjut secara teoritis pada level atomik sangat penting sehingga dapat memastikan struktur senyawa ekstrak tanaman untuk memperoleh pemahaman tentang mekanisme penghambatan korosi secara jelas.

Kata Kunci: baja, inhibitor korosi, ekstrak bahan alam.

ABSTRACT

Steel is one of the materials that has weak resistance to corrosion when in a corrosive environment. The use of natural inhibitors is able to provide good performance in inhibiting corrosion of steel with high inhibition efficiency. Plant extracts that are efficiently used as corrosion inhibitors are compounds that in their structure contain heteroatom groups (such as O, N, S, P) and aromatic rings that can facilitate the formation of an adsorbed layer to protect steel from corrosion attack. This review paper provides important comparative literature for the development and utilization of green inhibitors from various plant extracts for steel in acidic media. Further investigation theoretically at the atomic level is very important so as to ascertain the structure of plant extract compounds to gain a clear understanding of the corrosion inhibition mechanism.

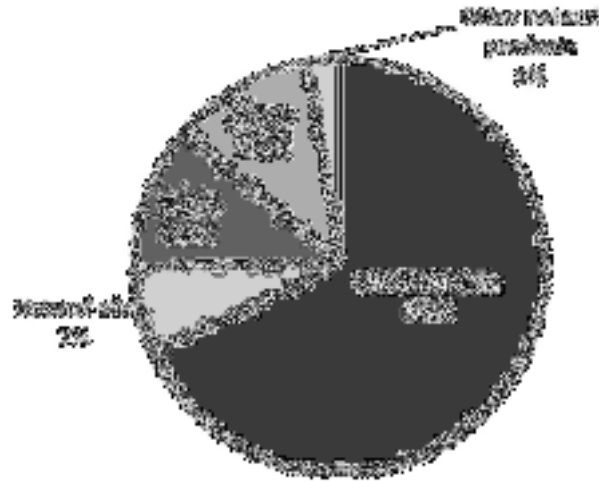
Keywords: steel, corrosion inhibitor, natural product.

PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material yang memiliki karakteristik mekanik yang menarik, ketersediaannya yang tinggi, fabrikasi yang mudah dan biaya yang rendah, sehingga secara luas banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk beragam aplikasi, seperti industri dan manufaktur (Njoku et al., 2018; Hsissou et al., 2020). Akan tetapi, baja memiliki ketahanan yang lemah terhadap korosi apabila berada pada lingkungan korosif (Gutiérrez et al., 2016; Ichchou et al., 2019). Korosi pada baja menjadi perhatian yang sangat penting bagi dunia industri dan

akademik, sebab korosi mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Kerugian akibat korosi tidak hanya masalah ekonomi, tetapi juga masalah lain seperti kerusakan lingkungan, sosial, industri, keamanan, keselamatan, dan lain-lain (Pidaparti et al., 2008; Verma et al., 2018; Sedik et al., 2020; Chen et al., 2021). Sekitar US\$ 2,5 triliun per tahun atau hampir 3,4% dari PDB global dikonsumsi untuk mencegah kerusakan akibat korosi (Koch et al., 2016; Groenenboom et al., 2017). Biaya ini terus meningkat selama dekade terakhir (Mohammadi et al., 2018). Indonesia sebagai negara maritim memiliki iklim tropis dan curah hujan serta kadar kandungan klorida yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa ancaman dari masalah korosi juga besar. Lingkungan air laut merupakan salah satu kondisi lingkungan yang menyebabkan terjadinya korosi karena mengandung berbagai macam garam (Gusti, 2008; Haryono et al., 2010). Diperkirakan kerugian Indonesia akibat korosi mencapai angka triliun rupiah setiap tahunnya.

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menjelaskan korosi pada baja dan cara mengatasinya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghambat laju korosi adalah penggunaan bahan anti korosi (inhibitor). Dengan penerapan teknologi inhibitor korosi, dapat dihemat biaya sampai 35% atau sekitar 875 miliar dolar per tahun (Marzorati et al., 2019). Inhibitor korosi adalah senyawa kimia yang dalam jumlah kecil apabila ditambahkan pada lingkungan korosif (elektrolit) akan dapat menghambat proses korosi (Roberge, 2000). Inhibitor disebut juga sebagai katalis penghambat. Lapisan inhibitor yang terbentuk sangat tipis, akan tetapi dalam jumlah kecil mampu memberikan perlindungan yang luas. Dewasa ini, penggunaan inhibitor korosi masih menjadi solusi terbaik untuk melindungi korosi. Inhibitor korosi banyak digunakan karena mudah diaplikasikan, efektivitas biayanya tinggi, dan mampu memberikan perlindungan dari lingkungan yang tingkat korosifitasnya sangat tinggi. Peranan dari penambahan inhibitor utamanya adalah untuk membatasi aktivitas korosi pada logam, sehingga dapat meningkatkan usia manfaat suatu material, meningkatkan tahanan listrik pada permukaan logam akibat pembentukan lapisan pelindung, menghindari kontaminasi suatu produk material, meningkatkan keamanan dari kecelakaan akibat materia yang terkorosi, meningkatkan daya produksi suatu material, dan lain sebagainya.



Gambar 1. Distribusi bahan alam sebagai inhibitor korosi (Fayomi et al., 2019)

Penelitian tentang inhibitor korosi baik organik ataupun anorganik terus dikembangkan dan menjadi kajian yang sangat penting. Akan tetapi, inhibitor anorganik bersifat beracun, tidak ramah lingkungan, dan mahal, sehingga pengembangan inhibitor korosi diarahkan pada pencarian inhibitor organik bahan alam (Vorobyova et al., 2020). Ekstrak bahan alam muncul sebagai inhibitor ramah lingkungan (green inhibitor) karena bersifat biodegradable, renewable, tidak menimbulkan racun dan polutan, mudah diproduksi, murah, dan memiliki efisiensi anti korosi yang tinggi (Popoola, 2019). Ekstrak bahan alam yang paling efisien digunakan sebagai inhibitor adalah senyawa yang dalam strukturnya mengandung gugus heteroatom (seperti O, N, S, P) dan cincin aromatik. Tinjauan ini memberikan ikhtisar karya terbaru tentang penggunaan inhibitor berbagai ekstrak tumbuhan terutama untuk baja dalam media asam sehingga memberikan literatur komparatif penting bagi pengembangan dan pemanfaatan green inhibitor.

EKSTRAK BAHAN ALAM SEBAGAI GREEN INHIBITOR PADA BAJA

Studi terbaru oleh berbagai penulis tentang penggunaan inhibitor ekstrak tumbuhan pada baja dalam medium HCl ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ekstrak tanaman sebagai inhibitor korosi pada baja

Green Inhibitor	Konsentrasi Inhibitor	Konsentrasi Medium	Efisiensi Inhibisi (%)
Ananas comosus	1000 ppm	1 M HCl	97.6
Pineapple stem	1000 ppm	1 M HCl	96.7

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

Poinciana pulcherrima	1000 ppm	1 M HCl	96
Primula vulgaris flower	1000 ppm	1 M HCl	95.5
Plantago	1000 ppm	1 M HCl	94.4
Juglans regia	1000 ppm	1 M HCl	94.2
Plantago ovata	1000 ppm	1 M HCl	93.54
Cassia occidentalis	1000 ppm	1 M HCl	93
Mangifera indica leaves	1000 ppm	1 M HCl	92
Papaia	1000 ppm	1 M HCl	92
Chinese gooseberry fruit	1000 ppm	1 M HCl	91.9
Datura stramonium	1000 ppm	1 M HCl	91
Cryptocarya nigra	1000 ppm	1 M HCl	91
Calotropis procera	1000 ppm	1 M HCl	89
Luffa cylindrica	1000 ppm	1 M HCl	88
Xantan gum	1000 ppm	1 M HCl	82.31
Tinospora crispa	1000 ppm	1 M HCl	80

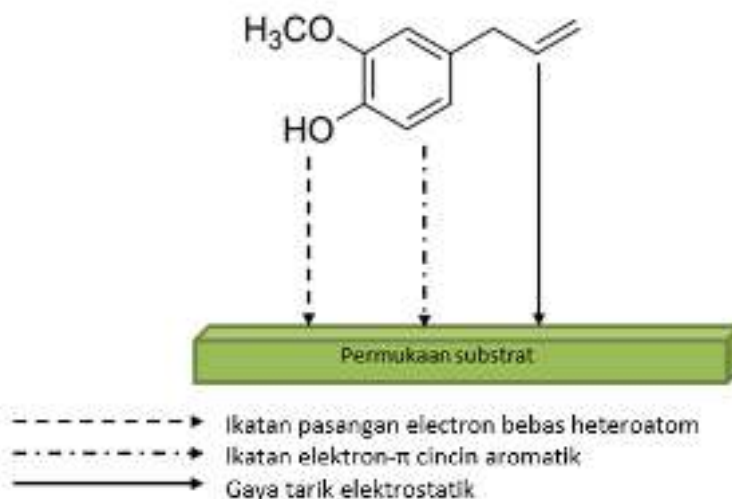
Dapat diamati dari ringkasan berdasarkan tinjauan literatur bahwa penelitian tentang penerapan ekstrak tumbuhan sebagai green inhibitor korosi untuk baja terus aktif. Efisiensi inhibisi atau efisiensi penghambatan (EI) adalah parameter tingkat penurunan aktivitas korosi untuk mengukur kemampuan inhibitor dalam melindungi permukaan logam (Pramudita et al., 2018). Secara umum, metode yang digunakan dalam mengukur efisiensi inhibisi diantaranya kehilangan berat (weight loss), analisis gravimetri, polarisasi potensiodinamik, dan spektroskopi impedansi elektrokimia. Berdasarkan Tabel 1, ekstrak bahan alam memiliki performa yang sangat baik sebagai green inhibitor untuk baja dalam lingkungan asam klorida dengan efisiensi inhibisi yang tinggi. Ekstrak ananas comosus (nanas) menjadi inhibitor pada baja dalam medium asam klorida yang memiliki efisiensi inhibisi tertinggi.

MEKANISME INHIBISI KOROSI

Mekanisme penghambatan (inhibisi) korosi dapat melibatkan proses adsorpsi kimia dan/atau adsorpsi fisika untuk membentuk orbital atom (lapisan teradsorpsi, lapisan pelindung, senyawa kompleks) antara molekul inhibitor dan permukaan logam. Adsorpsi molekul inhibitor pada antarmuka dengan logam memungkinkan terjadinya 4 mekanisme adsorpsi, yaitu: (a) interaksi elektrostatik antara molekul dan logam, (b) interaksi antara pasangan elektron dengan logam, (c) interaksi antara elektron- π dengan logam, dan (d) kombinasi antar ketiga mekanisme tersebut. Adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan logam sebagian besar juga ditentukan oleh planaritas

molekul dan pasangan elektron bebas yang terdapat dalam gugus heteroatom (Kumar et al., 2020). Keefektifan senyawa ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi bergantung pada kemampuannya membentuk senyawa kompleks (lapisan pelindung) pada permukaan logam yang dapat menghalangi terjadinya transfer muatan dan massa, sehingga melindungi dan memisahkan logam dari lingkungan korosif (Etre et al., 2006; Affifah et al., 2019; Kumar et al., 2020). Pembentukan lapisan teradsorpsi bergantung pada kemampuan donor-akseptor pasangan elektron bebas dari gugus heteroatom molekul inhibitor dengan orbital-d kosong atom permukaan besi dan/atau interaksi antara elektron- π cincin aromatik molekul inhibitor dengan orbital-d kosong atom permukaan besi, dua hal tersebut memfasilitasi terbentuknya lapisan teradsorpsi secara ikatan kovalen koordinasi.

Gugus aktif atau gugus fungsional (seperti heteroatom) pada molekul inhibitor akan mendonorkan elektron bebas pada d-orbital kosong permukaan logam, sementara orbital- π pada cincin aromatik molekul inhibitor akan menerima elektron- π dari orbital-d kosong logam (Udhayakala, 2014; Elmi et al., 2019; Hadisaputra et al., 2019; Stiadi et al., 2019). Secara umum, gugus heteroatom bertindak sebagai pusat adsorpsi yang berinteraksi dengan permukaan logam, sebab inhibitor tidak mungkin teradsorpsi secara keseluruhan menutupi permukaan logam, tetapi dapat menempati pusat aktif (pusat adsorpsi) untuk menghambat reaksi oksidasi atau reduksi, sehingga proses korosi akan menurun karena situs aktif tertutupi oleh inhibitor yang teradsorpsi (Etre, 2006; Arthur et al., 2019).



Gambar 2. Mekanisme adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan logam

KESIMPULAN

Berbagai ekstrak bahan alam memiliki kemampuan untuk menghambat korosi baja dengan efisiensi penghambatan korosi (efisiensi inhibisi) yang tinggi. Ekstrak bahan alam yang efisien digunakan sebagai inhibitor korosi adalah senyawa yang dalam strukturnya mengandung gugus heteroatom (seperti O, N, S, P) dan cincin aromatik yang dapat memfasilitasi terbentuknya lapisan teradsorpsi. Inhibitor ekstrak bahan alam biasanya membentuk lapisan teradsorpsi secara ikatan kovalen koordinasi untuk melindungi baja dari serangan korosi dalam lingkungan korosif. Banyak metodologi eksperimental seperti metode kehilangan berat (weight loss), analisis gravimetri, polarisasi potensi dinamik, dan spektroskopi impedansi elektrokimia yang digunakan untuk menginvestigasi performa penghambatan korosi berdasarkan nilai efisiensi inhibisi. Potensial kajian yang masih belum terungkap seperti studi teoritis pada tingkat atomik dari komponen utama bahan alam yang diekstraksi sebagai inhibitor korosi dapat mengarah pada penemuan mekanisme terperinci untuk menjelaskan proses penghambatan korosi pada baja. Investigasi lebih lanjut dibutuhkan di masa mendatang sehingga dapat memastikan struktur senyawa ekstrak bahan alam agar diperoleh pemahaman tentang mekanisme penghambatan korosi secara jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Affifah et al., 2019. Effect of addition of talas and leaf extract inhibitors of 40°C and 70°C immersion temperature on corrosion rate in API 5L steel in 3% NaCl solution. *Analytical and Environmental Chemistry*, 4 (2).
- Arthur et al., 2019. Corrosion inhibition studies of mild steel using *Acalypha chamaedrifolia* leaves extract in hydrochloric acid medium. *SN Applied Sciences*, 1 (1089).
- Ekanem et al., 2010. Inhibition of mild steel corrosion in HCl using pineapple leaves (*Ananas comosus* L.) extract. *J Mater Sci* (2010) 45:5558–5566.
- Elmi et al., 2019. Computational evaluation of corrosion inhibition of four quinoline derivatives on carbon steel in aqueous phase. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, 38 (1).
- Etre et al., 2006. Khillah extract as inhibitor for acid corrosion of SX 316 steel. *Applied Surface Science*, 252.
- Chen et al., 2021. Molecular dynamics simulation and DFT calculation of “green” scale and corrosion inhibitor, *Computational Materials Science*, 188 : 110229.

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

- Fayomi et al., 2019. An Overview of Corrosion Inhibition using Green and Drug Inhibitors. *Journal of Physics: Conference Series* 1378 (2019) 022022.
- Fouda et al., 2020. Juglans Regia Extract (JRE) as Eco-Friendly Inhibitor for Aluminum Metal in Hydrochloric Acid Medium. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 10 : 6398-6416.
- Groenenboom et al., 2017. Doped amorphous Ti oxides to deoptimize oxygen reduction reaction catalysis, *The Journal of Physical Chemistry C*, 121 : 16825–16830.
- Gutiérrez et al., 2016. Development of a predictive model for corrosion inhibition of carbon steel by imidazole and benzimidazole derivatives. *Corros. Sci.* 108 : 23-35.
- Gusti et al., 2008. The effect of addition succinic acid on inhibition of stainless steel corrosion in sulfuric acid solution. *Chem. Prog.* 1 (1).
- Hadisaputra et al., 2019. Ab initioMP2 and DFT studies of ethyl-p methoxycinnamate and its derivatives as corrosion inhibitors of iron in acidic medium. *Journal of Physics: Conference Series* 1402, 055046.
- Haryono et al., 2010. Extract of natural materials as corrosion inhibitors. *Prosiding SNTKK*, ISSN 1693 – 4393.
- Hsissou et al., 2020. Evaluation of corrosion inhibition performance of phosphorus polymer for carbon steel in [1 M] HCl: Computational studies (DFT, MC and MD simulations). *J. Matter Res Technol.*
- Ichchou et al., 2019. Electrochemical evaluation and DFT calculations of aromatic sulfonhydrazides as corrosion inhibitors for XC38 carbon steel in acidic media. *Journal of Molecular Structure*, 1198 : 126898.
- Koch et al., 2016. International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study, *NACE Int.*, 1–216.
- Kumar et al., 2020. Protection of mild steel corrosion by three new quinazoline derivatives: experimental and dft studies. *Surfaces and Interfaces*, 18:100446.
- Majd et al., 2019. Green method of carbon steel effective corrosion mitigation in 1 M HCl medium protected by *Primula vulgaris* flower aqueous extract via experimental, atomic-level MC/MD simulation and electronic-level DFT theoretical elucidation. *Journal of Molecular Liquids*, 284:658-674.

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

- Marzorati et al., 2019. Green Corrosion Inhibitors from Natural Sources and Biomass Wastes. *Molecules*, 24 (48).
- Mobin et al., 2017. Polysaccharide from *Plantago* as a green corrosion inhibitor for carbon steel in 1 M HCl solution. *Carbohydrate Polymers*, 160 : 172-183.
- A. Mobin et al., 2019. Pineapple stem extract (Bromelain) as an environmental friendly novel corrosion inhibitor for low carbon steel in 1 M HCl. *Measurement*, 134 : 595-605.
- Mohammadi et al., 2018. Atomistic simulation of initial stages of iron corrosion in pure water using reactive molecular dynamics, *Computational Materials Science*, 145 (2018) 126–133.
- Njoku et al., 2018. Dispersive adsorption of *Xylopi* constituents on carbon steel in acid-chloride medium: A combined experimental and theoretical approach. *J. Mol. Liq.* 249 : 371–388.
- Pidaparti et al., 2008. Computational simulation of multi-pit corrosion process in materials, *Computational Materials Science*, 41 : 255–265.
- Popoola, 2019. Organic green corrosion inhibitors (OGCIs): a critical review. *Corros Rev.*, 2 (37).
- Pramudita et al., 2018. Rice Husk Extracts Ability to Reduce the Corrosion Rate of Mild Steel. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 9 (4).
- Roberge, 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*, New York: McGraw Hill, 833-837.
- Sedik et al., 2020. Dardagan fruit extract as eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl: Electrochemical and surface morphological studies, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 22 : 48.
- Stiadi et al., 2019. Corrosion inhibition of mild steel using natural materials in chloride acid medium: a review. *Jurnal Riset Kimia*, 10 (1).
- Udhayakala, 2014. Density functional theory calculations on corrosion inhibitory action of five azlactones on mild steel. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6 (7).

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

B. Veedu et al., 2019. Anticorrosive Performance of *Mangifera indica* L. Leaf Extract-Based Hybrid Coating on Steel. *ACS Omega*, 4 : 10176–10184.

Verma et al., 2018. A green and sustainable approach for mild steel acidic corrosion inhibition using leaves extract: experimental and DFT studies, *Journal of Bio and Tribo-Corrosion* 4 : 33.

Vorobyova et al., 2020. Apricot pomace extract as a natural corrosion inhibitor of mild steel corrosion in 0.5 m nacl solution: a combined experimental and theoretical approach. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 1 (55).

Zucchi et al., 1985. Plant extracts as corrosion inhibitors of mild steel in HCl solutions. *Surface Technology*, 24 : 391-399.