

PENGGUNAAN BIO INHIBITOR DALAM PIPE PLANT INDUSTRI MIGAS

Atria Pradityana^{1,a}, Sulistijono^{2,b} dan Abdullah Shahab^{1,a}

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITS

²Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, ITS

[aatria2007@me.its.ac.id](mailto:atria2007@me.its.ac.id), [bssulistijono@mat-eng.its.ac.id](mailto:ssulistijono@mat-eng.its.ac.id)

Abstrak

Korosi merupakan degradasi mutu suatu material. Dalam sebuah industri migas, korosi merupakan problematika yang sering terjadi. Berbagai macam cara dalam mengendalikannya. Salah satu metodenya adalah penggunaan inhibitor korosi. Saat ini penggunaan bio inhibitor menjadi alternatif baru. Bio inhibitor berbahan alam ini dipilih sebagai alternatif karena sifatnya aman, bersifat *biodegradable*, biaya murah, ramah lingkungan dan mudah didapat. Dalam paper ini menjelaskan tentang alasan dan mekanisme proteksi dari bahan alam dalam mengendalikan korosi, serta beberapa contoh penggunaan bio inhibitor.

Latar Belakang

Salah satu masalah penting yang dihadapi oleh kelompok industri maju adalah korosi logam. Peristiwa korosi dapat terjadi dimana saja. Dari peristiwa korosi yang terjadi, dapat menimbulkan kerusakan yang mengakibatkan kerugian baik secara ekonomi ataupun keamanan. Menurut Jones^[1], dalam banyak hal, korosi tidak dapat dihindarkan. Hampir semua material apabila berinteraksi dengan lingkungannya secara perlahan tapi pasti, akan mengalami degradasi mutu bahan, pengertian ini didefinisikan sebagai korosi. Proses korosi merupakan suatu gejala alamiah yang merupakan konsekuensi dari siklus hidup.

Saudi Aramco melakukan riset tentang biaya korosi yang dikeluarkan pada industri minyak dan pemurniaanya^[2]. Menurut mereka bahwa 25% biaya perawatan *plant gas sweetening* dikeluarkan untuk pengendalian korosi, 17% biaya perawatan *plant gas fractionation* untuk korosi, 28% biaya perawatan operasi produksi *onshore*, sedangkan pada *offshore* dibutuhkan 60-70% biaya perawatan untuk korosi. Di Indonesia sendiri secara kuantitatif belum pernah dihitung jumlah kerugian akibat serangan korosi. Dapat diambil gambaran bahwa di Amerika kerugian akibat serangan korosi mencapai 15 miliar dollar per tahun atau sekitar 15 triliun rupiah bila 1 dollar AS diapresiasi Rp.10.000,00. Seluruh anggaran belanja Negara Indonesia pada tahun anggaran 1999 sekitar 24 triliun rupiah per

tahun, jadi jumlah kerugian akibat serangan korosi di Amerika bahkan lebih besar dari setengah anggaran belanja Negara per tahun, sungguh jumlah yang tidak sedikit. Jika jumlah kerugian akibat serangan korosi di Indonesia sebesar kira-kira 10% dari kerugian Amerika, maka jumlahnya mencapai Rp. 1 triliun. Jumlah ini belum mencakup: kehilangan jam produksi, ganti rugi kerusakan, klaim-klaim, biaya perbaikan dan lain-lain. Diperkirakan pada tahun 1999 menderita kerugian sebesar 1,5 triliun^[3].

Industri minyak dan gas, terutama mengenai eksplorasi, operasi produksi, operator lapangan biasanya ingin memiliki pasokan minyak dan gas bumi yang tidak terputus ke titik ekspor atau pengolahan^[4]. Pipa-pipa dan komponen perlengkapan dari lining akan mengalami degradasi material dengan berbagai kondisi dari sumur akibat perubahan komposisi fluida, souring sumur, selama periode tertentu, perubahan kondisi operasi tekan, dan suhu. Degradasi material menyebabkan penurunan sifat mekanis seperti kekuatan, keuletan, kekuatan impak, dsb., menyebabkan loss of materials, pengurangan ketebalan dan pada akhirnya mengalami kegagalan^[4].

Untuk meminimalkan akibat degradasi material, salah satu metode proteksi yang sering digunakan pada industri minyak adalah dengan penggunaan inhibitor. Penggunaan inhibitor hingga saat ini masih menjadi solusi terbaik untuk melindungi korosi internal pada logam, dan dijadikan sebagai pertahanan utama industri proses dan ekstraksi minyak. Inhibitor merupakan metoda perlindungan yang fleksibel, yaitu mampu memberikan perlindungan dari lingkungan yang kurang agresif sampai pada lingkungan yang tingkat korosifitasnya sangat tinggi, mudah diaplikasikan (tinggal tetes), dan tingkat keefektifan biayanya paling tinggi karena lapisan yang terbentuk sangat tipis sehingga dalam jumlah kecil mampu memberikan perlindungan yang luas^[5].

Berdasarkan bahan dasarnya, inhibitor korosi terbagi menjadi dua, yaitu inhibitor dari senyawa organik dan dari senyawa anorganik^[6]. Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng^[7]. Penggunaan sodium nitrit yang harus dengan konsentrasi besar (300-500 mg/l) menjadikannya inhibitor yang tidak ekonomis^[8], berdasarkan hasil penelitian^[9,10] kromat dan seng ditemukan bersifat toksik, dan fosfat merupakan senyawa yang dianggap sebagai polusi lingkungan, karena menyebabkan peningkatan kadar fosforous dalam air^[11]. Sehingga inhibitor-inhibitor tersebut perlu digantikan dengan senyawa lain yang bersifat nontoksik dan mampu terdegradasi secara biologis, namun tetap bernilai ekonomis dan mampu mengurangi laju korosi secara signifikan.

Ide Pemikiran

Saat ini mulai banyak penelitian yang mengarah ke penemuan sumber baru sebagai inhibitor korosi terutama dari bahan alami. Penggunaan bahan-bahan alam menjadi kunci utama dalam inovasi pembuatan inhibitor pada saat ini, karena bahan alam sifatnya dapat diperbaharui (*renewable*). Dengan menggunakan ekstrak tanaman yang kaya akan senyawa kimia dimana disintesis secara alamiah dalam artian bersifat *biodegradable* dan dapat diekstrak dengan proses sederhana serta biaya yang rendah^[12,13], mampu bersaing dengan inhibitor anorganik yang pengaruhnya cukup buruk terhadap lingkungan.

Para peneliti sudah mulai banyak merambah riset yang bertemakan *green corrosion inhibitor*. Inhibitor organik pada umumnya berasal dari ekstrak bahan alami yang mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang mempunyai pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam^[14]. Hampir keseluruhan bagian dari tanaman bermanfaat sebagai inhibitor. Mulai dari ekstrak daun, kulit buah, biji, buah, kulit pohon, batang dan akar telah mulai diteliti efektifitasnya sebagai inhibitor korosi di lingkungan korosif yang berbeda-beda. Bagian tanaman yang paling sering diteliti adalah daun^[15]. Ekstrak bahan alam mempunyai aktivitas untuk menghambat laju korosi karena memiliki kandungan senyawa heterosiklik. Pada senyawa organik salah satunya terdapat zat antioksidan. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan, sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa dihambat^[16]. Zat antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat, dan mencegah proses oksidasi. Dengan kata lain, dengan adanya senyawa antioksidan pada lingkungan korosif, dapat menghambat laju terjadinya korosi^[6].

Beberapa Contoh Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi

Sebagian besar peneliti mempelajari mekanisme inhibisi dari berbagai macam tanaman pada material baja karbon di lingkungan korosif, dimana ekstrak tanaman-tanaman ini dapat menjadi inhibitor yang baik. Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa ekstrak daun tembakau, teh dan kopi dapat efektif sebagai inhibitor pada sampel logam besi, tembaga, dan aluminium dalam medium larutan garam. Keefektifan ini diduga karena ekstrak tersebut memiliki unsur nitrogen yang berfungsi sebagai pendonor elektron terhadap logam Fe^{2+} untuk membentuk senyawa kompleks^[14]. Dalam media larutan HCL 1M, ekstrak daun bayam merah, ubi ungu, daun sirsak dapat efektif menurunkan laju korosi. Ubi ungu mengandung asam fenolat, tokoferol, beta karoten, dan antosianin^[17] mampu menurunkan

laju korosi hingga 87,52% pada penambahan 6 ml ekstrak ubi ungu^[4]. Daun sirsak yang mengandung senyawa asam fenolat dan flavonoid efektif mengurangi laju korosi hingga 93,68% pada penambahan 6000 ppm ekstrak daun sirsak^[18]. Sedangkan daun bayam merah paling efisien kinerjanya disaat konsentrasi 2000 ppm dengan tingkat efisiensi hingga 73%^[19]. Menurut Ilim^[20], daun tembakau mengandung senyawa-senyawa kimia antara lain nikotin, hidrazin, alanin, quinolin, anilin, piridin, amina, dan lain-lain, sedangkan daun teh dan kopi banyak mengandung senyawa kafein dimana kafein dari daun teh lebih banyak dibandingkan kopi. Dalam lingkungan yang sama, yakni lingkungan air laut buatan yang jenuh CO₂, daun tembakau mampu menghambat laju korosi hingga 61,52% pada penambahan ekstrak 100 ppm. Untuk daun teh dan kopi, prosentase inhibisinya lebih kecil dibandingkan tembakau. Penambahan 1000 ppm ekstrak kopi mampu mengurangi laju korosi hingga 54,86% sedangkan penambahan 500 ppm ekstrak daun teh hanya menurunkan laju korosi 26,73%. Menurut Edy^[5], biji mangga mengandung polifenol dan asam amino. Asam amino memiliki cincin alifatik atau aromatik yang berikatan dengan grup amine dan asam karboksilik, polifenol juga memiliki cincin aromatik yang berikatan dengan gugus hidroksil^[5]. Sehingga menurutnya, biji mangga mampu menjadi inhibitor korosi.

Untuk lingkungan NaCl 3,5%, beberapa peneliti memanfaatkan ekstrak dari daun henna^[21], kulit pisang^[21], kulit buah jeruk^[22], kulit buah mangga^[22], serta sarang semut^[23] sebagai inhibitor. Masing-masing menghasilkan efisiensi sebagai berikut : ekstrak daun henna 91,41% pada konsentrasi 1200 ppm, ekstrak kulit pisang 93,01% pada konsentrasi 500 ppm, ekstrak kulit buah mangga 87,8% pada konsentrasi 600 ppm, ekstrak kulit buah jeruk 92,93% pada konsentrasi 400 ppm, serta ekstrak sarang semut 99,62% pada konsentrasi 400 ppm.

Ditiap kondisi lingkungan yang berbeda, inhibitor organik dipastikan memiliki efisiensi inhibisi yang berbeda pula. Pada lingkungan A mungkin inhibitor X memiliki efisiensi inhibisi yang sangat tinggi, tetapi belum tentu pada lingkungan B efisiensinya juga tinggi. Sehingga perlu banyak penelitian sebagai referensi yang nantinya dapat digunakan oleh para industri, terutama industri minyak dan gas.

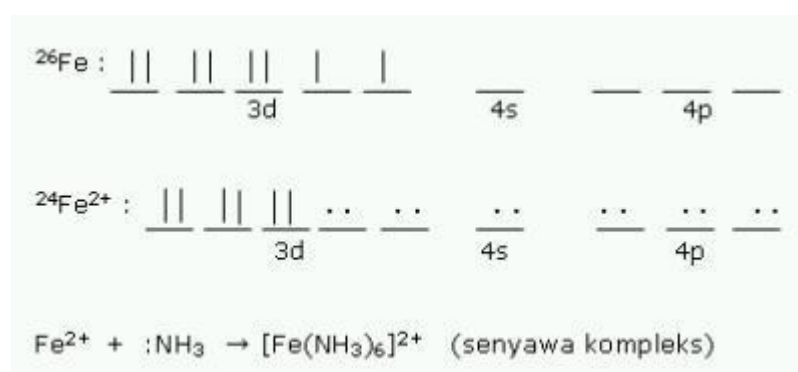
Mekanisme Proteksi

Daya inhibisi dari suatu senyawa organik terhadap korosi pada logam bergantung pada kemampuannya melepas elektron, jumlah elektron yang tidak berpasangan, kabut π elektron, sistem cincin aromatik, atau jenis grup fungsional yang mengandung unsur-unsur grup V dan VI dalam table periodik. Grup fungsional yang biasanya dipakai sebagai inhibitor

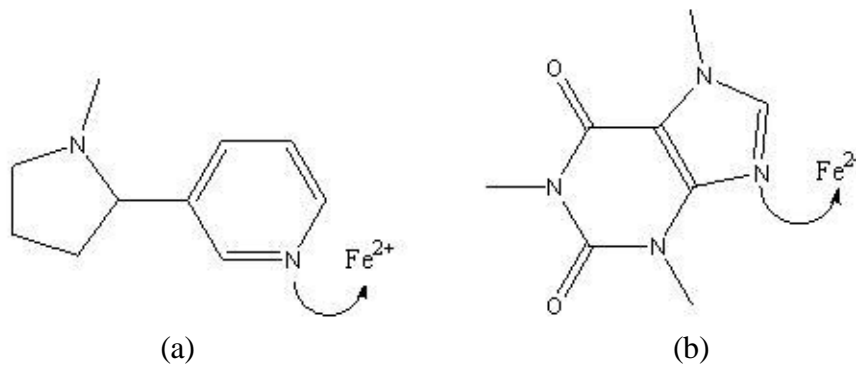
adalah gugus hydroxi (-OH), epoxy (-C-O-C-), amine (-C-N-C-), amino (-NH₂), thiol (-C=S-), dan gugus fungsi lainnya terdapat dalam literatur^[11]. Polifenol dan asam amino merupakan contoh dari gugus fungsional yang biasanya digunakan.

Perlindungan logam oleh polifenol dan asam amino terjadi melalui tiga mekanisme, yaitu adsorpsi secara fisika, adsorpsi secara kimia, dan pembentukan lapisan pada permukaan logam. Adsorpsi secara fisika berlangsung dengan cepat, karena interaksi elektrostatik antara permukaan logam yang memiliki charge positif dengan polifenol yang memiliki charge negatif, reaksi yang terjadi bersifat *reversible*. Adsorpsi secara fisika ini mudah terlepas akibat gangguan mekanis dan peningkatan temperatur. Sedangkan adsorpsi secara kimia bersifat lebih stabil, tidak sepenuhnya reversible, dan berlangsung dengan lambat. Semakin tinggi temperatur biasanya mengakibatkan peningkatan adsorpsi dan inhibisi. Adsorpsi secara kimia merupakan aktivitas transfer atau berbagi elektron antara polifenol atau asam amino dan permukaan logam, sehingga menentukan kemampuan inhibisi^[5].

Menurut Hermawan^[14], mekanisme proteksi ekstrak bahan alam terhadap besi/baja dari serangan korosi diperkirakan hampir sama dengan mekanisme proteksi oleh inhibitor organik. Reaksi yang terjadi antara logam Fe²⁺ dengan medium korosif seperti CO₂ diperkirakan menghasilkan FeCO₃, oksidasi lanjutan menghasilkan Fe₂(CO₃)₃ dan reaksi antara Fe²⁺ dengan inhibitor ekstrak bahan alam menghasilkan senyawa kompleks. Inhibitor ekstrak bahan alam yang mengandung nitrogen mendonorkan sepasang elektronnya pada permukaan logam *mild steel* ketika ion Fe²⁺ terdifusi ke dalam larutan elektrolit, reaksinya adalah $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$ (melepaskan elektron) dan $Fe^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Fe$ (menerima elektron).



Gambar 1. Mekanisme pendonoran sepasang elektron bebas pada pembentukan senyawa kompleks besi



Gambar 2. Struktur senyawa (a) nikotin (b) kafein

Produk yang terbentuk di atas mempunyai kestabilan yang tinggi dibanding dengan Fe saja, sehingga sampel besi/baja yang diberikan inhibitor ekstrak bahan alam akan lebih tahan (ter-proteksi) terhadap korosi. Contoh lainnya, dapat juga dilihat dari struktur senyawa nikotin dan kafein yang terdapat dalam ekstrak daun tembakau, teh, dan kopi, dimana kafein dan nikotin yang mengandung gugus atom nitrogen akan menyumbangkan pasangan elektron bebasnya untuk mendonorkan elektron pada logam Fe^{2+} sehingga terbentuk senyawa kompleks dengan mekanisme yang sama seperti diatas^[14].

Penutup

Negara kita, Indonesia, merupakan negara dengan keanekaragaman hayati terbesar kedua setelah Negara Brasil. Kekayaan bahan alamnya yang melimpah pastilah menyimpan potensi untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan pemanfaatannya bagi kemaslahatan bangsa dan negara. Dalam sudut pandang pengembangan alternatif inhibitor korosi, perlu adanya eksplorasi terhadap berbagai ekstrak bahan alam yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas lainnya melalui penelitian sehingga nantinya dapat dibuat database referensi yang berisi tentang tumbuhan-tumbuhan yang potensial sebagai alternatif inhibitor korosi^[14].

Daftar Pustaka

- [1] Jones. Denny A., *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd Ed, Singapore : Prentice Hall International, Inc., 1997
- [2] R. Tems, & A.M. Al-Zahrani., *Cost of Corrosion in Oil Production & Refining*, Saudi Aramco Journal of Technology., 2006
- [3] Widharto. Sri., *Karat dan Pencegahannya*, Cet.1, Jakarta : Pradnya Paramitha, 1999

- [4] Naili. K., *Corrosion and its mitigation in the oil & gas industry – An overview*. Petromin Pipeliner., 2010
- [5] Junedi. Edi. *Pemanfaatan biji mangga sebagai inhibitor korosi pada logam*
- [6] Adi. Putra. Rangga., *Pengaruh waktu perendaman dengan penambahan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik pada baja karbon rendah di lingkungan HCl 1M*. Skripsi. Universitas Indonesia., 2011
- [7] Hatch GB, Nathan CC. *Corrosion Inhibitor*. National Association for Corrosion Engineers. page : 126-147.
- [8] Conoby JF, SwainTM., *Nitrite as a Corrosion Inhibitor*. Controlling Depletion of Sodium Nitrite, Mat. Pro.,6,55-58., 1967
- [9] Goulart de Medeiros MAP. *Genotoxicity of Chromium Compounds*. Laboratory of Toxicology of the Faculty of Pharmacy of the University of Lisbon., 2003
- [10] Finn J. *Saving Fish from Metal Poisons*. Eng. News-Record,125,9., 1940.
- [11] Marcus P, Mansfeld F. *Analytical Methods In Corrosion Science and Engineering*. CRC press., 2006
- [12] O.K. Abiola, & Y. Tobun., *Cocos nucifera L. Water as green corrosion inhibitor for acid corrosion of aluminium in HCl solution.*, Chinese Chemical Letter. 2010
- [13] Da Rocha. Janaina Cardozo., da Cunha Ponciano Gomes. José Antoniô., D'Elia. Eliane., *Corrosion inhibitor of carbon steel in hydrochloric acid solution by fruit peel aqueous extracts*, Corrosion Science 52 (2341-2348), April 2010
- [14] Hermawan. Beni., *Ekstrak bahan alam sebagai alternatif inhibitor korosi*. 2007
- [15] Da Rocha. Janaina Cardozo., da Cunha Ponciano Gomes. José Antoniô., D'Elia. Eliane., *Corrosion inhibitor of carbon steel in hydrochloric acid solution by fruit peel aqueous extracts*, Corrosion Science 52 (2341-2348), April 2010
- [16] Winarsi, Heri. *Antioksidan alami dan radikal bebas*. Kanisius. Yogyakarta. 2007
- [17] <http://ptp2007.wordpress.com/2008/07/08/ekstraksi-antosianin-dari-ubi-jalar/> (diakses 21 Juli 2013, 08.15 AM)
- [18] Ideasanti., Soetarno, S., Kusmardiyani, S. "Telaah senyawa fenolik daun sirsak, *Annona muricata L.*, Annonaceae." Departemen Farmasi ITB, 1995
- [19] Darmawan, Oki., *Studi green corrosion inhibitor ekstrak daun bayam merah (Amaranthus Gangeticus) pada baja karbon rendah dalam larutan 1M HCl dengan metode polarisasi dan EIS*. Tesis. Teknik Metalurgi dan Material. Universitas Indonesia, 2012

- [20] Ilim, Kamisah D. Pandiangan., Sudrajat. Studi penggunaan tumbuhan tembakau, teh dan kopi sebagai inhibitor korosi baja lunak dalam air laut buatan yang jenuh CO₂. Jurnal Sains MIPA Vol.13 No.2 Edisi Khusus, 2007
- [21] Arumsari, Rahadiana., Sulistijono. Pengaruh konsentrasi inhibitor korosi dari ekstrak daun henna dan kulit pisang pada baja API 5L Grade B dalam media 3,5% NaCl. Skripsi. Teknik Material dan Metalurgi. ITS. 2012
- [22] Wardhani, Sari Kusuma., Sulistijono. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah jeruk dan kulit buah mangga terhadap laju korosi sebagai inhibitor korosi pada baja karbon API 5L Grade B dalam media 3,5% NaCl. Skripsi. Teknik Material dan Metalurgi. ITS. 2012
- [23] Pradityana, Atria., Sulistijono, Abdullah Shahab. Application of Myrmecodia Pendans extract as green corrosion inhibitor for mild steel in 3,5% NaCl solution. Proceeding of ICOME conference. September 2013