

**PENGGUNAAN INHIBITOR ORGANIK
UNTUK PENGENDALIAN KOROSI LOGAM DAN PADUAN
LOGAM
(Application of Organic Inhibitors
for Corrosion Control of Metals and Alloys)**

P. Yatiman

*Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
Karangmalang Yogyakarta 55281*

ABSTRAK

Penggunaan inhibitor organik untuk pengendalian korosi logam dan paduan logam telah didiskusikan. Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan inhibitor anorganik, seperti senyawa-senyawa kromat dan zink, telah menyebabkan peningkatan penggunaan inhibitor organik. Inhibitor organik biasanya dirancang sebagai "pembentuk lapisan adsorpsi" yang melindungi logam/paduan logam dengan membentuk lapisan/film hidrofobik pada permukaan logam/paduan logam. Keefektifan inhibitor organik bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam/paduan logam. Kebanyakan inhibitor organik yang efektif yang digunakan dalam industri adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung heteroatom seperti oksigen (O), nitrogen (N), belerang (S) dan ikatan rangkap di dalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan logam/paduan logam. Pada umumnya inhibitor organik dapat menginhibisi seluruh permukaan logam/paduan logam yang terpapar dalam lingkungan korosif bila konsentrasinya memadai.

Kata kunci: Inhibitor organik, pengendalian korosi, logam dan paduan logam, pembentuk lapisan adsorpsi.

ABSTRACT

Application of organic inhibitors for corrosion control of metals and alloys has been discussed. The environmental damage caused by using inorganic inhibitors, such as chromates and zinc compounds, has resulted in increased usage of organic inhibitors. They usually designated as adsorption layer-forming protect the metal/alloy by forming a hydrophobic layer/film on the metal/alloy surface. Their effectiveness depends on the chemical composition, their molecular structures and affinities for the metal/alloy surface. Most of the effective organic inhibitors used in the industry contain heteroatoms such as oxygen (O), nitrogen (N), sulfur (S) and multiple bonds in their molecules that facilitate adsorption on the metal/alloy surface. Generally, organic inhibitors inhibit the entire surface of a metal/alloy immersed in the corrosive environment when present in sufficient concentration.

Key words: Organic inhibitors, corrosion control, metals and alloys, adsorption layer-forming.

PENDAHULUAN

Korosi adalah kerusakan akibat reaksi kimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungannya (Jones, 1996). Salah satu metode untuk meminimalkan korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam lingkungan yang korosif, secara efektif dapat menurunkan laju korosi (Roberge, 2000). Inhibitor korosi digunakan secara luas dalam berbagai penerapan dan banyak operasi pabrik bergantung pada keberhasilan penerapannya. Sebagai contoh pabrik pengilangan minyak bumi dan petrokimia, pipa saluran yang membawa

produk minyak bumi dan gas, pengeboran minyak bumi dan pengumpul cairan, air minum, pendingin air, sistem desalinasi, sistem asam, mobil dan lingkungannya, bahan kimia pertanian, pipa saluran bubuk batubara, baja tulangan dalam beton, pusat energi atom dan nuklir. Meskipun demikian, susunan kimia kebanyakan inhibitor korosi adalah bukan pengetahuan umum dan biasanya ditangani sebagai informasi yang diproteksi oleh perusahaan-perusahaan kimia. Literatur teknik yang didistribusikan oleh perusahaan-perusahaan inhibitor tidak menjelaskan metode penerapan inhibitor atau mekanisme proses inhibisi korosinya.

Di dalam praktik, inhibitor korosi digunakan terutama untuk pengendalian korosi dalam sistem tertutup, sebagai suatu alternatif-biaya yang efisien terhadap penggunaan bahan/material yang sangat tahan korosi. Kriteria praktis untuk pemilihan inhibitor korosi dari berbagai zat/senyawa anorganik dan organik dengan sifat-sifat inhibisinya tidak hanya efisiensi inhibisinya tetapi juga keamanan penggunaan, kendala ekonomi, kesesuaian dengan bahan kimia yang lain di dalam sistem dan masalah lingkungan (Magnussen, 2003). Sebagai contoh garam-garam kromat dan zink merupakan inhibitor-inhibitor anorganik yang sangat efisien, kurang/sedikit digunakan karena toksisitasnya dan diganti secara besar-besaran dengan inhibitor organik yang merupakan senyawa-senyawa organik.

Di dalam makalah dibahas mengenai pendahuluan, inhibitor organik dan beberapa senyawa organik yang dapat digunakan sebagai inhibitor pada korosi logam dan paduan logam, khususnya baja ringan (*mild steel*), baja karbon (*carbon steel*), tembaga dan *brass* (paduan logam Cu dan Zn).

INHIBITOR ORGANIK

Inhibitor organik, biasanya dirancang sebagai pembentuk lapisan/film, melindungi logam dengan membentuk suatu lapisan/film hidrofobik pada permukaan logam. (Roberge, 2000). Keefektifannya bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan/film adalah suatu proses adsorpsi, suhu dan tekanan merupakan faktor yang penting. Inhibitor organik akan diadsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor tersebut dan muatan pada permukaan logam. Inhibitor kationik, seperti amina-amina, atau inhibitor anionik, seperti sulfonat-sulfonat, akan diadsorpsi lebih dahulu bergantung pada apakah logam bermuatan negatif atau positif. Kekuatan ikatan adsorpsi adalah faktor yang dominan untuk inhibitor organik yang larut dalam air.

Inhibitor organik membentuk suatu lapisan/film protektif molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan logam, yang menjadi suatu penghalang pada pelarutan logam di dalam larutan elektrolit. Karena permukaan logam yang tertutupi sebanding dengan konsentrasi inhibitor, konsentrasi inhibitor di dalam larutan/medium adalah kritis. Sebagai contoh, konsentrasi natrium benzoat 0,05% atau natrium sinamat 0,2% adalah efektif dalam air pada pH 7,5 dan yang mengandung 17 ppm NaCl atau 0,5% berat etil oktanol. Korosi karena etilen glikol pada sistem air pendingin dapat dikendalikan dengan menggunakan etanolamin sebagai inhibitor (Roberge, 2000).

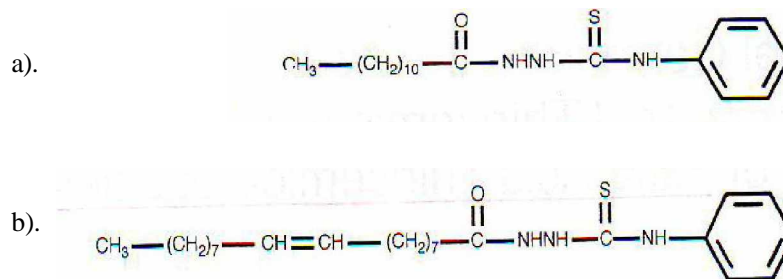
Kebanyakan inhibitor yang efisien yang digunakan dalam industri adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung heteroatom seperti O, N, S dan ikatan rangkap di dalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan logam (Muralidharan, dkk., 1995, Quraishi, dkk., 2002, Quraishi dan Sardar, 2002). Efisiensi inhibisi senyawa-senyawa organik adalah berkaitan dengan sifat-sifat adsorpsinya. Telah diketahui bahwa adsorpsi terutama bergantung pada adanya elektron-elektron π dan heteroatom, yang menyebabkan adsorpsi molekul-molekul inhibitor pada permukaan logam lebih besar. Senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen (N) dan belerang

(S) adalah penting karena senyawa-senyawa ini sering memberikan inhibisi yang sangat baik dibandingkan dengan senyawa-senyawa yang hanya mengandung nitrogen atau belerang saja (Quraishi dan Sardar, 2002).

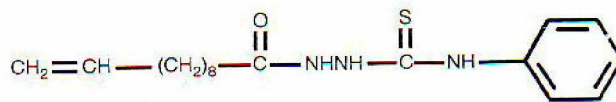
Berdasarkan studi dari sejumlah senyawa organik yang mengandung atom-atom-nitrogen (N) untuk inhibisi korosi besi, Hackerman, dkk sebagaimana dikemukakan oleh Luo, dkk (1998) menekankan pentingnya kerapatan elektron (*electron density*) pada atom dari gugus fungsional yang merupakan suatu pusat reaksi terhadap keefektifan inhibisi dari banyak senyawa organik. Mereka menemukan bahwa, di dalam larutan 6 mol/dm^3 HCl, inhibisi dari inhibitor-inhibitor organik meningkat dengan meningkatnya kerapatan elektron pada atom nitrogen (N) yang merupakan pusat reaksi untuk senyawa-senyawa piridin dan turunannya (Rozenfeld, 1981). Hasil yang sama diperoleh untuk amina-amina alifatik dan siklik dan telah didukung oleh hasil penelitian yang lain (Trabanelli dan Carrasetti, 1970, Luo, dkk, 1998). Karena secara umum dianggap bahwa elektron yang terlibat di dalam ionisasi pertama memiliki pasangan-pasangan elektron bebas (*lone pairs of electrons*), potensial ionisasi biasanya dapat disebut sebagai suatu ukuran kerapatan elektron pada atom nitrogen. Untuk senyawa-senyawa organik, makin rendah potensial ionisasi, makin kuat adsorpsinya dan makin tinggi efisiensi inhibisinya (IE).

Beberapa Senyawa Organik yang dapat digunakan sebagai Inhibitor pada Korosi Logam dan Paduan Logam

Asam-asam lemak tiosemikarbazida dengan atom-atom karbon C_{11} – C_{18} , yaitu 1-Undekana-4-feniltiosemikarbazida (UPTS), 1-Heptadekena-4-feniltiokarbasida (HPTS) dan 1-Dekena-4-feniltiokarbasida (DPTS), disintesis dan diselidiki sebagai inhibitor korosi baja ringan dalam larutan 1 N HCl dan 1 N H_2SO_4 dengan menggunakan metode kehilangan berat dan polarisasi potensiodinamik (Quraishi, dkk, 2002). Harga-harga energi aktivasi dan energi bebas adsorpsi untuk semua tiokarbazida dihitung untuk menyelidiki mekanisme inhibisi korosinya. Studi polarisasi potensiodinamik dilakukan pada temperatur kamar, menunjukkan bahwa semua senyawa tersebut menghambat reaksi-reaksi korosi baja ringan. Adsorpsi semua tiokarbazida pada permukaan baja ringan dalam kedua larutan asam tersebut mengikuti isotherm adsorpsi Temkin. Senyawa-senyawa ini menunjukkan efisiensi inhibisi (IE) yang baik dalam larutan 1 N HCl dan 1 N H_2SO_4 (bahkan pada konsentrasi 25 ppm, IE > 92,0%). Efisiensi inhibisi inhibitor-inhibitor ini ditemukan berubah dengan sifat dan konsentrasi senyawa-senyawa ini, temperatur larutan, waktu pemaparan dan sifat asam-asamnya. Rumus struktur UPTS, HPTS dan DPTS adalah sebagai berikut:



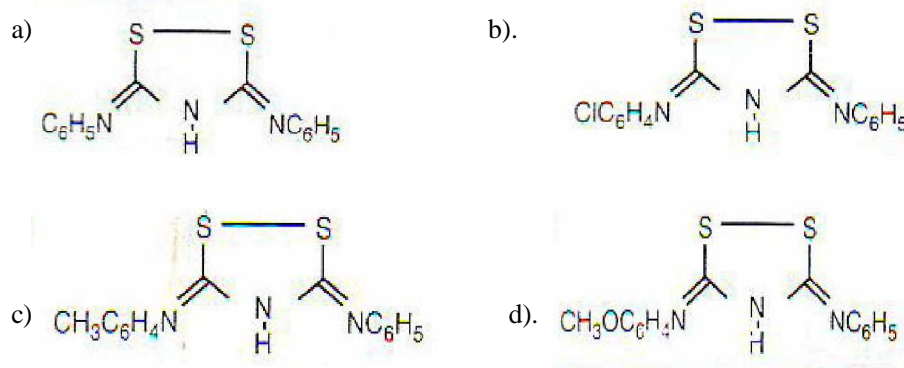
c).



Gambar 1. Rumus struktur a). 1-Undekana-4-feniltiosemikarbasida (UPTS), b). 1-heptadekena-4-feniltiosemikarbasida (HPTS) dan c). 1-dekena-4-feniltiosemikarbasida (DPTS).

Inhibisi asam-asam lemak tiokarbazida pada korosi baja ringan dalam larutan asam dapat dijelaskan berdasarkan adsorpsi molekuler. Tampak dari struktur molekulnya bahwa senyawa-senyawa tiokarbazida dapat teradsorpsi pada permukaan baja ringan melalui suatu pasangan elektron-elektron bebas dari atom-atom N, O dan S, elektron-elektron π dari cincin benzena dan sebagai suatu spesies terprotonasi (Quraishi, dkk, 2002). Di antara oleokimia akrilik, asam undekenoat (C_{11}) memiliki suatu ikatan rangkap pada posisi terminal yang menunjukkan penampilan yang paling baik sebagai inhibitor korosi. Efisiensi inhibisi yang paling tinggi yang ditunjukkan oleh senyawa ini dapat disebabkan oleh adsorpsinya pada permukaan logam melalui gugus-gugus polar disamping elektron-elektron π pada ikatan rangkapnya. Hal ini mengakibatkan penutupan permukaan logam oleh senyawa ini lebih besar sehingga menghasilkan efisiensi lebih tinggi. UPTS yang menunjukkan efisiensi inhibisi yang paling rendah karena tidak adanya ikatan rangkap dalam rantai karbonnya. Sedangkan HPTS yang mengandung ikatan π dan 17 atom C menunjukkan efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan DPTS yang mengandung ikatan π dan 11 atom C karena senyawa-senyawa yang mengandung lebih dari 11 atom C menunjukkan efisiensi yang lebih rendah (Li, dkk., 1997).

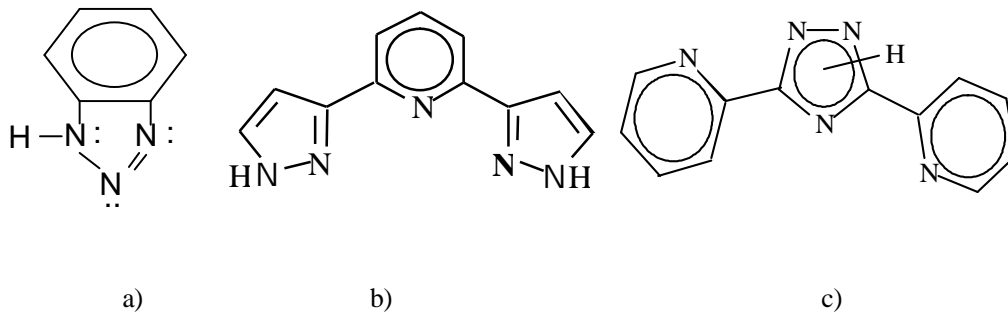
Senyawa-senyawa heterosiklis seperti 3,5-Difenil-imino-1,2,4-ditiazolidin (DPID), 3-Fenil-imino-5-klorofenil-imino-1,2,4-ditiazolidin (PCID), 3-Fenil-imino-5-tolil-imino-1,2,4-ditiazolidin (PTID) dan 3-Fenil-imino-5-anisidil-imino-1,2,4-ditiazolidin (PAID) sebagai inhibitor pada korosi baja ringan dalam larutan 1 N HCl telah diselidiki oleh Quraishi dan Sardar (2002). Efisiensi inhibisi senyawa-senyawa ini ditemukan berubah dengan konsentrasi, temperatur dan waktu pemaparan. Efisiensi inhibisinya mencapai > 90 % bahkan pada konsentrasi 25 ppm. Semua senyawa ini merupakan inhibitor korosi yang efisien dalam larutan HCl sampai 3 N dan menghambat korosi baja ringan dengan adsorpsi pada permukaan logam. Adsorpsi senyawa-senyawa ini pada permukaan baja ringan dalam larutan HCl mengikuti isotherm adsorpsi Temkin. Semua senyawa ini merupakan inhibitor katodik dalam larutan 1 N HCl, kecuali PTID yang utama merupakan inhibitor campuran. Rumus struktur DPID, PCID, PTID dan PAID dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rumus struktur a). 3,5-Difenil-imino-1,2,4-ditiazolidin (DPID), b). 3-Fenil-imino-5-klorofenil-imino-1,2,4-ditiazolidin (PCID), c). 3-Fenil-imino-5-tolil-imino-1,2,4-ditiazolidin (PTID) dan d). 3-Fenil-imino-5-anisidilimino-1,2,4-ditiazolidin (PAID).

Efisiensi inhibisi (IE) senyawa-senyawa ini mengikuti urutan PAID > PTID > PCID > DPID. Perbedaan efisiensi inhibisi inhibitor-inhibitor ini dapat dijelaskan berdasarkan struktur molekulnya. Adanya gugus metoksi -OCH₃ meningkatkan kerapatan elektron (electron density) pada atom-atom N yang disebabkan oleh pengaruh resonansi, yang memfasilitasi adsorpsi PAID pada permukaan baja ringan lebih kuat, sehingga efisiensi inhibisi PAID lebih tinggi daripada PTID. Efisiensi inhibisi yang lebih tinggi diperoleh untuk turunan kloro (PCID) karena momen dipolnya lebih besar dibandingkan dengan senyawa induknya DPID.

Keefektifan Benzotriazol (BTAH), 2,6-Bis(pyrazole-3-il) pyridine (BPP), dan 3,5-Bis(pyridine-2-il) triazole (BPTR) sebagai inhibitor korosi baja karbon XC-38 dalam larutan 1% NaCl pada temperatur 55°C telah diselidiki dengan menggunakan Spektroskopi Impedansi Elektrokimia (EIS) (Yatiman, dkk., 2006). Inhibisi korosi baja karbon XC-38 dalam larutan 1% NaCl yang mengandung 25, 50 dan 100 ppm senyawa-senyawa tersebut diselidiki pada 55°C. Sedangkan inhibisi korosi baja karbon XC-38 dalam larutan 1% NaCl yang mengandung 800 dan 1000 ppm BTAH diselidiki pada berbagai waktu pemaparan pada temperatur 55°C. Efisiensi inhibisi BTAH, BPP dan BPTR bergantung pada konsentrasinya. Makin besar konsentrasinya, makin besar efisiensi inhibisinya. Sedangkan efisiensi inhibisi 800 dan 1000 ppm BTAH pada korosi baja karbon XC-38 dalam larutan 1% NaCl pada 55°C bergantung pada waktu pemaparan. Makin lama waktu pemaparan baja karbon XC-38 dalam larutan 1% NaCl yang mengandung 800 dan 1000 ppm BTAH, makin besar efisiensi inhibisinya. Efisiensi inhibisi 800 dan 1000 ppm BTAH pada korosi baja karbon XC-38 dalam larutan 1% NaCl pada temperatur 55°C dan waktu pemaparan 30 jam berturut-turut adalah 90,0 dan 95,6%. Rumus struktur BTAH, BPP dan BPTR dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Rumus struktur a). Benzotriazol (BTAH), b). 2,6-Bis(pyrazole-3-il)pyridine (BPP) dan c). 3,5-Bis(pyridine-2-il) triazole (BPTR).

Kenaikan efisiensi inhibisi dari inhibitor-inhibitor dapat diterangkan berdasarkan teori adsorpsi yang menganggap bahwa inhibitor-inhibitor membentuk lapisan/film pada permukaan logam yang mengakibatkan penurunan area permukaan yang masih tersedia untuk tempat terjadinya reaksi-reaksi anodik atau katodik (Singh, 1993). Hal ini disebabkan BTAH, BPP dan BPTR, masing-masing memiliki elektron-elektron π dan pasangan-pasangan elektron bebas pada atom-atom N yang berinteraksi dengan orbital-orbital d besi (Fe) dari baja karbon membentuk lapisan/film pelindung yang dapat menghambat pelarutan baja karbon, sehingga laju korosinya turun dan efisiensi inhibisinya naik. Kenaikan efisiensi inhibisi dengan waktu kontak (waktu pemaparan) yang lebih lama antara baja karbon dengan larutan 1% NaCl yang mengandung 800 dan 1000 ppm BTAH pada temperatur 55°C dapat disebabkan oleh pembentukan lapisan/film pelindung pada permukaan baja karbon, yang densitasnya bergantung pada waktu. Makin lama waktu pemaparan, makin besar efisiensi inhibisinya dan pada waktu pemaparan 30 jam, efisiensi inhibisinya berturut-turut mencapai 90,6 dan 95,6%.

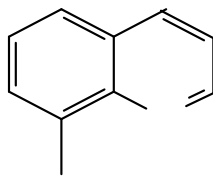
Mekanisme inhibisi korosi baja karbon API 5L X65 oleh Benzotriazole (BTAH) di dalam larutan 0,5% NaCl yang jenuh dengan CO₂ pada temperatur 25, 45, 65 dan 85°C telah dikaji dengan menggunakan spektroskopi impedansi elektrokimia (EIS) (Yatiman, dkk., 2006). Pengukuran dilakukan terhadap spesimen-spesimen baja karbon setelah direndam selama 30 jam dalam larutan uji yang mengandung BTAH. Tahanan polarisasi, R_p , dari setiap spesimen ditentukan berkaitan dengan rangkaian listrik ekuivalen yang diusulkan oleh Randall untuk logam yang aktif terkorosi di dalam lingkungannya. Kemudian data yang diperoleh digunakan untuk menghitung efisiensi inhibisi dan penutupan permukaan baja karbon oleh BTAH. Ditemukan bahwa konsentrasi BTAH dan temperatur larutan uji mempengaruhi secara signifikan efisiensi inhibisi. Adanya asam karbonat menurunkan efisiensi inhibisi, meskipun demikian dengan menggunakan 8,40 mmol/L BTAH efisiensi inhibisi telah mencapai lebih dari 90% pada semua temperatur pengujian. Kenaikan temperatur telah menurunkan penutupan permukaan dan menyebabkan penurunan efisiensi inhibisi. Kenaikan kembali efisiensi inhibisi pada 85°C berkaitan dengan penurunan kelarutan FeCO₃ dan CO₂. Selain itu, dapat dinyatakan bahwa adsorpsi BTAH pada permukaan baja karbon mengikuti isoterm adsorpsi Temkin. Rumus struktur BTAH dapat dilihat pada Gambar 3 a).

Sesuai dengan yang dikemukakan oleh Singh (1993) dan Bentiss, dkk (2002), inhibisi korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan 0,5% NaCl yang jenuh dengan CO₂ oleh BTAH dapat dijelaskan berdasarkan adsorpsi molekuler. Peningkatan efisiensi inhibisi diterangkan berdasarkan teori adsorpsi yang menganggap bahwa inhibitor memberikan suatu adsorpsi lapisan

tunggal yang menyebabkan penurunan area permukaan yang tersedia untuk reaksi-reaksi anodik dan katodik. Berdasarkan struktur molekulnya tampak bahwa BTAH dapat teradsorpsi pada permukaan baja karbon API 5L X65 melalui elektron-elektron π dan pasangan-pasangan elektron bebas pada atom-atom N, yang berinteraksi dengan orbital-orbital d besi (Fe) membentuk lapisan/film pelindung pada permukaan baja karbon API 5L X65.

Inhibisi korosi tembaga (Cu) dalam larutan 0,001 M hingga 1,0 M asam sitrat ($C_6H_8O_7$) oleh Benzotriazol ($C_6H_5N_3$) telah diselidiki dengan menggunakan pengukuran-pengukuran gravimetrik. Benzotriazol dengan konsentrasi 1×10^{-3} M hingga 1×10^{-1} M diuji pada temperatur 298, 308, 318 dan 328 K. Mekanisme inhibitor didiskusikan dalam ungkapan penerapan isoterm Langmuir, Frumkin, Hill-de Boer, Parsons, Kastening Holleck, Flory Huggins, Dar-Flory Huggins, dan Bockris-Swinkels (Bastidas, dkk., 2002). Pengepasan yang paling baik diperoleh dengan menggunakan model isoterm Frumkin. Laju korosi tembaga naik dalam kisaran temperatur yang diuji 298 K hingga 328K. Pengaruh ini signifikan terutama pada konsentrasi inhibitor BTAH yang rendah. Suatu peningkatan efisiensi inhibitor diamati sebagai fungsi kenaikan konsentrasi BTAH. Rumus struktur BTAH disajikan pada Gambar 3 a).

Pengaruh sinergi dari 8-Quinolinol (QI) dan Benzotriazol (BTAH) pada korosi dan dezinkifikasi α -Brass (paduan logam Cu dengan 35,9% Zn) dalam larutan HCl tanpa dan dengan 8-Quinolinol (C_9H_6NOH) 0,1 mM hingga 5,0 mM diselidiki sesudah waktu pemaparan 1 minggu dengan metode kehilangan berat/massa dan analisis larutan (Rehan dan Abd El Rahman, 2002). Dezinkifikasi yang hebat turun secara substansial dengan adanya QI dan pencegahan dezinkifikasi secara menyeluruh dicapai pada kisaran konsentrasi 0,5 mM hingga 2 mM. Meskipun demikian, adanya QI menyebabkan laju korosinya naik secara nyata. Kelemahan ini dapat diatasi dengan penambahan 5 mM Benzotriazol ($C_6H_5N_3$). Senyawa QI mempercepat pelarutan tembaga (Cu) di dalam α -Brass lebih daripada zink (Zn) (dezinkifikasi ditekan) sedangkan BTAH menghambat pelarutan tembaga dan zink secara sama (korosi merata ditekan). Rumus struktur QI dapat dilihat pada Gambar 4 dan BTAH pada Gambar 3 a).



Gambar 4. Rumus struktur 8-Quinolinol (QI).

Karena kompleksitas sistem yang ada, pemilihan inhibitor sejauh ini tidak langsung dan memerlukan uji laboratorium serta studi lapangan. Formulasi/ perumusan komersial biasanya mengandung suatu kombinasi dari beberapa inhibitor yang aktif, yang dicampur dengan suatu paket surfaktan/pelarut yang spesifik, yang mengendalikan pelepasan inhibitor ke dalam lingkungan (misalnya: konsentrasi inhibitor yang tersedia). Proteksi/perlindungan sistem multilogam memerlukan perhatian utama, karena inhibitor-inhibitor yang efisien untuk satu logam mungkin tidak efektif atau bahkan mempercepat korosi untuk logam yang lain. Pada umumnya, tampilan formulasi ini bergantung pada parameter-parameter sistem dan harus dievaluasi oleh uji lapangan untuk memastikan/menjamin proteksinya.

KESIMPULAN

Inhibitor organik biasanya membentuk lapisan/film hidrofobik pada permukaan logam/paduan logam, yang melindungi logam/paduan logam dari serangan korosi dalam lingkungan yang korosif. Keefektifan inhibitor organik bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam/paduan logam.

Inhibitor organik yang efektif yang banyak digunakan adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung heteroatom seperti oksigen (O), nitrogen (N), belerang (S) dan ikatan rangkap di dalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan logam/paduan logam.

Pada umumnya inhibitor organik dapat menghambat seluruh permukaan logam/paduan logam yang terpapar dalam lingkungan korosif bila konsentrasinya memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bastidas, J.M., Pinilla, P., Polo, J.L and Cano, E., (2002), Adsorption of Benzotriazole on Copper Electrode Surfaces in Citric Acid Media, *Corrosion*, **58**, 922 – 931.
- Bentiss, F., Lagrenee, M., Elmehdi, B., Mernari, B., Traisnel, M and Vezin, H., (2002), Electrochemical and Quantum Chemical Studies of 3,5-Di(n-tolyl)-4-Amino-1,2,4-Triazol Adsorption on Mild Steel in Acidic Media, *Corrosion*, **58**, 399 – 407.
- Jones, D.A., (1996), *Principles and Prevention of Corrosion*, New York: Macmillan Publishing Company, p 5.
- Li, P., Tan, T.C and Lee, J.Y., (1997), *Corrosion*, **53**, p 186
- Luo, H., Guan, Y.C and Han, K.N., (1998), Corrosion Inhibition of A Mild Steel by Aniline and Alkylamines in Acidic Solutions, *Corrosion*, **54**, 721 – 731.
- Magnussen, O.M., (2003), *Corrosion Protection by Inhibition*, in Encyclopedia of Electrochemistry: Corrosion and Oxide Films, Vol. 4, Eds. Bard, A.J and Stratmann, M., Weinheim: Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA., p 435.
- Muralidharan, M., Quraishi, M.A. and Iyer, S.V.K., (1995), The Effect of Molecular Structure on Hydrogen Permeation and The Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Solutions, *Corros. Sci.*, **37**, 1739 – 1750.
- Quraishi, M.A., Jamal, D and Singh, R.N., (2002), Inhibition of Mild Steel Corrosion in The Presence of Fatty Acid Thiosemicarbazides, *Corrosion*, **58**, 201 – 207.
- Quraishi, M.A and Sardar, R., (2002), Aromatic Triazoles as Corrosion Inhibitors for Mild Steel in Acidic Environments, *Corrosion*, **58**, 748 – 755.

- Quraishi, M.A and Sardar, R., (2002), Dithiazolidines – A New Class of Heterocyclic Inhibitors for Prevention of Mild Steel Corrosion in Hydrochloric Acid Solution, *Corrosion*, **58**, 103 – 107.
- Rehan, H.H and Abd El Rahman, H.A., (2002), Synergetic Effect of 8-Quinolinol and Benzotriazole on Preventing Dezincification of α -Brass (35.9% Zn) in Acid Chloride Solutions, *Corrosion*, **58**, 299 – 302.
- Roberge, P.R., (2000), *Handbook of Corrosion Engineering*, New York: McGraw Hill, p 833, 837.
- Rozenfeld, I.L., (1981), *Corrosion Inhibitors*, New York: McGraw Hill Book Inc., p 133.
- Singh, I., (1993), Inhibition of Steel Corrosion by Thiourea Derivatives, *Corrosion*, **49**, 473 – 478.
- Trabanelli, G and Carasetti, (1970), *Mechanism and Phenomenology of Organic Inhibitors*, in *Advances in Corrosion Science and Technology*, Vol. 1, Eds. Fontana, M.G and Stachie, R.W., New York: Plenum Press, p 119.
- Yatiman, P., Surdia, N.M., Purwadaria, S dan Ariwahjoedi, B., (2006), Inhibisi Korosi Baja Karbon dalam Larutan Natrium Klorida oleh Beberapa Senyawa Organik, *Jurnal Teknologi Industri*, Vol. **X**, No. 3, 231 – 240.
- Yatiman, P., Surdia, N.M., Purwadaria, S., Ariwahjoedi, B dan Suratman, R., (2006), Application of Benzotriazole as Corrosion Inhibitor of API 5L X65 Carbon Steel in Sodium Chloride Solution, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol. **7**, No. 3, 75 – 79.