

## EFISIENSI INHIBITOR PADA KOROSI Cu-37Zn

Eka Junaidi

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Mataram  
Jln. Majapahit No. 62 Mataram

**Abstrak** : Salah satu upaya pencegahan korosi pada logam dapat dilakukan dengan penambahan inhibitor ke dalam larutan uji. Inhibitor korosi yang dicoba adalah benzotriazol (BTAH) dan sistein (Cys). Penentuan laju korosi Cu-37Zn tanpa dan dengan adanya inhibitor korosi dilakukan secara elektrokimia dengan menggunakan teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada larutan uji dengan komposisi : 5,3 ppm  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 78 ppm NaCl dan ion sulfida sebesar 15 ppm diperoleh bahwa efisiensi benzotriazol (80 ppm) dan sistein (25 ppm) pada suhu kamar berturut-turut sebesar 40,74% dan 68,16%. Inhibitor yang di uji dalam penelitian ini teradsorpsi secara fisik pada permukaan logam Cu-37Zn dengan energi bebas adsorpsi ( $\Delta G_{\text{ads}}$ ) benzotriazol dan sistein berturut-turut adalah  $-18,53$  dan  $-23,03$  kJ/mol.

**Kata kunci** : Inhibitor, EIS, Benzotriazol, Sistein

## INHIBITOR EFFICIENCY ON CORROSION OF Cu-37Zn

Eka Junaidi

Chemical Education Study Program, Faculty of Teacher's Training and Education,  
Mataram University

**Abstract** : An effort to prevent of the corrosion can be performed by mean of inhibitor corrosion addition into the sample of water. We also investigated benzotriazole (BTAH) and cysteine (CYS) as inhibitor. The rates of corrosion Cu-37Zn in absence and presence of the corrosion inhibitor were determined by using Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) technique. The obtained results were indicated that at sample of water with composition of 5.3 ppm  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 78 ppm NaCl and 15 ppm sulfide ion, the inhibitor efficiency of benzotriazole (80 ppm) and cysteine (25 ppm) at room temperature were 40.74% and 68.16% respectively. Since both inhibitors were physicaly adsorbed on Cu-37Zn with adsorption free energy ( $\Delta G_{\text{ads}}$ ) of benzotriazole and cysteine is  $-18.53$  kJ/mol and  $-23.03$  kJ/mol respectively.

**Keywords** : Inhibitor, EIS, Benzotriazole, cysteine.

### I. PENDAHULUAN

Pencegahan korosi merupakan salah satu aspek penting dalam pemeliharaan material ataupun komponen unit produksi yang terbuat dari logam agar dapat berfungsi dengan baik. Usaha pemeliharaan dari serangan korosi sebagai upaya memaksimalkan waktu pemanfaatan turbin dapat dilakukan dengan penggunaan inhibitor korosi yang ditambahkan kedalam lingkungan air yang berkontak dengan turbin tersebut. Inhibitor korosi yang digunakan selain harus mampu mencegah dan menanggulangi korosi yang terjadi pada turbin juga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Dalam hal ini inhibitor yang biasa digunakan adalah inhibitor organik yang diharapkan akan lebih ramah lingkungan karena dapat didegradasi oleh lingkungan secara alami.

Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam upaya mengetahui jenis inhibitor yang cocok untuk diterapkan pada *runner* turbin, salah satu teknik yang bisa dilakukan adalah dengan teknik spektroskopi impedansi elektrokimia (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*, EIS). Dengan teknik ini kita dapat mengetahui efektivitas suatu inhibitor dalam menghambat laju korosi material uji. Hal ini disebabkan karena adanya inhibitor akan memungkinkan terbentuknya lapisan pada permukaan material uji sehingga akan menghambat polarisasinya. Dengan terbentuknya selaput inhibitor di permukaan logam yang dapat bertindak sebagai lapisan isolator listrik, maka hambatan polarisasi tersebut akan meningkat disertai

dengan penurunan kapasitansi lapisan rangkap listrik. Maka, melalui pengukuran EIS, kinerja inhibitor pada korosi material uji dapat dievaluasi daya inhibisinya berdasarkan pada nilai hambatan (impedansi) listrik tersebut.

Dalam upaya melindungi permukaan material uji dari serangan korosi maka pada penelitian ini akan dikaji efektivitas inhibitor uji pada laju korosi Cu-37Zn yaitu inhibitor benzotriazol (BTAH) yang diketahui memiliki kinerja sangat baik sebagai inhibitor korosi logam Cu dan campurannya. Akan tetapi inhibitor benzotriazol hanya cocok digunakan sebagai inhibitor korosi pada sistem yang terisolasi dari lingkungan makhluk hidup karena memiliki toksisitas yang tinggi [1]. Sebagai inhibitor pembanding digunakan inhibitor sistein (Cys). Sistein merupakan senyawa organik yang ramah lingkungan dan memiliki sifat tidak beracun.

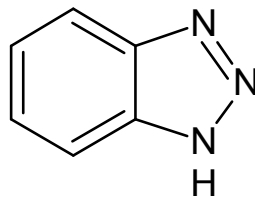
Dengan latar belakang permasalahan di atas dapat dihipotesiskan bahwa : Inhibitor korosi diharapkan dapat membentuk lapisan molekuler pada permukaan logam Cu-37Zn yang dapat menghambat terjadinya korosi Cu-37Zn. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas inhibitor uji pada korosi Cu-37Zn yang memiliki potensi untuk menurunkan laju korosi pada *runner* turbin (inhibitor yang efektif, efisien dan lebih ramah lingkungan).

pergeseran potensial korosi. Bila dengan teradsorpsinya molekul-molekul inhibitor pada permukaan logam menyebabkan potensial korosi bergeser ke arah

positif, maka ini menunjukkan bahwa inhibitor tersebut terutama akan menghambat proses anodik, sebaliknya jika pergeseran potensial korosi ke arah negatif maka inhibitor tersebut terutama akan menghambat proses katodik. Bila inhibitor korosi mampu menurunkan laju korosi dan hanya terjadi sedikit perubahan dalam potensial korosi logam, hal ini menunjukkan inhibitor tersebut menghambat reaksi anodik maupun reaksi katodik [2]. Besarnya laju korosi suatu logam dan besarnya efisiensi suatu inhibitor dalam menghambat laju korosi akan sangat bergantung pada konsentrasi inhibitor, temperatur dan waktu pemaparan (waktu kontak antara logam dengan larutan yang mengandung inhibitor).

Benzotriazol adalah salah satu jenis inhibitor korosi yang efektif dan paling banyak digunakan sebagai inhibitor untuk korosi tembaga dan paduannya [3], pada berbagai variasi larutan, suhu dan daerah pH [1]. Berdasarkan hasil penelitian, benzotriazol diketahui termasuk inhibitor tipe adsorpsi yang dapat larut dalam air dan dalam minyak (yang merupakan campuran zat-zat non polar) [3], akan tetapi memiliki toksisitas yang tinggi [1] sehingga limbahnya akan sangat berbahaya bagi lingkungan.

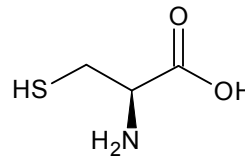
Benzotriazol mempunyai rumus molekul  $C_6H_5N_3$ , dengan struktur sebagai berikut:



Benzotriazol

Benzotriazol merupakan zat padat berwarna kuning hingga warna antara abu-abu dan coklat, mempunyai titik lebur  $95^{\circ}C - 99^{\circ}C$ , titik didih  $350^{\circ}C$ , densitas  $1,36 \text{ g.cm}^{-3}$  dan kelarutan dalam air  $25 \text{ g.L}^{-1}$  pada  $20^{\circ}C$  (MSDS Benzotriazol, 2005). Benzotriazol adalah senyawa organik yang mengandung atom nitrogen (N) dan ikatan rangkap sebagai pusat adsorpsi, yang memudahkan adsorpsi pada permukaan logam. Secara keseluruhan struktur molekul benzotriazol bersifat netral tetapi masing-masing atom nitrogen pada cincin triazol memiliki dua elektron yang tidak berpasangan menyebabkan cincin cenderung bermuatan negatif [3]. Karena benzotriazol adalah cincin triazol yang cenderung bermuatan negatif dalam larutan maka keadaan ini yang diduga akan tertarik ke permukaan logam yang terkorosi, menempel dengan kuat pada permukaan dan permukaan membentuk lapisan/selaput protektif dari hasil adsorpsi molekul benzotriazol untuk melindungi logam terhadap korosi lebih lanjut. Selain itu adanya elektron-elektron yang tidak berpasangan pada atom-atom nitrogen dalam cincin triazol dapat pula membentuk ikatan dengan orbital  $d$  atom Cu pada permukaan. Berdasarkan kenyataan diatas maka benzotriazol diduga akan dapat menghambat laju korosi logam tembaga dengan baik. Selain benzotriazol, inhibitor yang akan diuji dalam penelitian ini adalah sistein. Sistein termasuk salah satu asam amino yang merupakan senyawa

organik yang tidak beracun, dapat larut dalam media yang mengandung air, dapat diproduksi dengan tingkat kemurnian tinggi dan dengan biaya yang relatif murah [4]. Sistein merupakan  $\alpha$ -asam amino yang memiliki rumus kimia  $C_3H_7NO_2S$  dengan massa molekulnya  $121,16 \text{ g/mol}$  (nama IUPAC : *(2R)-2-amino-3-sulfanyl-propanoic acid*) memiliki rumus struktur :



Sistein

Sistein merupakan salah satu inhibitor korosi yang efektif pada korosi tembaga dalam medium netral dan asam klorida (dalam medium NaCl mencapai 77% dan dalam medium HCl mencapai 84%) dan sistein termasuk senyawa organik yang ramah lingkungan [1].

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan Material Uji

Material uji dalam penelitian ini adalah *runner* turbin dengan komposisi kimia : Cu 62,79% dan Zn 37,17% (Cu-37Zn) disebut sebagai elektroda kerja yang dibuat dengan luas permukaan kontak dengan larutan uji sebesar  $0,92 \text{ cm}^2$ . Pada saat akan digunakan untuk pengukuran elektrokimia, permukaan elektroda kerja dihaluskan dengan ampelas silikon karbida (SiC) 1000 grit, kemudian dicuci dengan aqua DM dan aseton.

### 2.2 Larutan Uji

Larutan uji dalam penelitian adalah campuran larutan yang mengandung 5,3 ppm  $Ca(NO_3)_2$ , larutan NaCl adalah 78 ppm (setara dengan 47,3 ppm ion klorida) dan larutan yang mengandung ion sulfida 15 ppm. Komposisi larutan tersebut merupakan komposisi larutan paling korosif hasil optimasi yang telah dilakukan sebelumnya.

### 2.3 Inhibitor Uji

Pada uji efisiensi daya inhibisi, inhibitor yang digunakan pada korosi Cu-37Zn dengan metoda EIS adalah benzotriazol dan sistein. Semua larutan inhibitor sediaan, dibuat berkonsentrasi 1000 ppm dalam pelarut air yang telah dimurnikan (berdaya hantar  $d''$   $10 \mu\text{S/cm}$  dan pH  $6,75 \pm 0,5$ ).

Untuk menentukan besarnya efisiensi inhibitor benzotriazol dan sistein pengukuran dilakukan pertama sekali untuk larutan blanko (sebagai larutan blanko adalah larutan uji yang mengandung campuran 5,3 ppm  $Ca(NO_3)_2$ , 78 ppm larutan NaCl dan 15 ppm ion sulfida). Kemudian larutan uji ditambahkan inhibitor benzotriazol dengan berbagai variasi konsentrasi (ppm) : 20, 30, 40, 60, 80 dan 100 (konsentrasi penambahan inhibitor adalah kumulatif), sedangkan inhibitor sistein dengan berbagai variasi konsentrasi (ppm) : 5, 10, 15, 20, 25 dan 35. Masing-masing inhibitor ditambahkan pada larutan uji dengan jarak waktu injeksi  $\pm 30$  menit setelah pengukuran blanko selesai (setelah ditambahkan konsentrasi inhibitor,

larutan uji tetap di *bubling* dengan gas CO<sub>2</sub> selama 30 menit, kemudian baru diukur lagi).

### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kinerja inhibitor korosi terhadap material uji dilakukan dengan menggunakan metode EIS yang memantau aspek-aspek seperti tahanan larutan ( $R_s$ ), tahanan polarisasi ( $R_p$ ) elektroda dan kapasitansi lapisan rangkap listrik ( $C_{DL}$ ). Semua aspek tersebut peka terhadap adsorpsi dan pembentukan selaput tipis pada permukaan material uji, oleh karena itu dengan metode EIS diperoleh informasi mengenai perilaku korosi material uji dengan hadirnya inhibitor. Terbentuknya selaput tipis pada permukaan material uji dapat berfungsi sebagai lapisan isolator listrik, dengan demikian hambatan polarisasi ( $R_p$ ) tersebut akan meningkat yang disertai dengan penurunan kapasitansi lapisan rangkap listriknya.

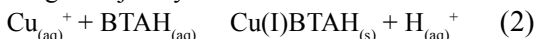
Parameter kinerja inhibitor dinyatakan dengan % Efisiensi (% EI) atau % Perlindungan (% P) yang diungkapkan sebagai :

$$\% EI = \frac{R_{p(inh)} - R_p}{R_{p(inh)}} \times 100 \quad (1)$$

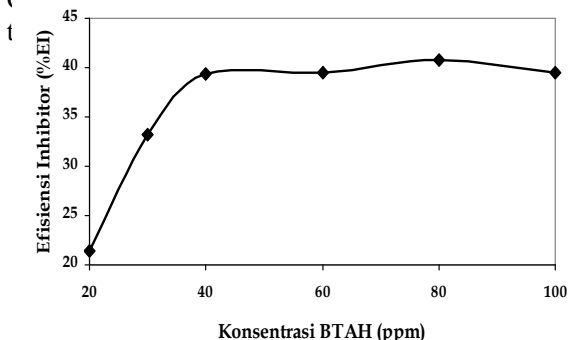
dengan  $R_{p(inh)}$  dan  $R_p$  berturut-turut adalah tahanan polarisasi dengan inhibitor dan tahanan polarisasi tanpa inhibitor.

#### 3.1 Efektivitas Daya Inhibisi Benzotriazol (BTAH)

Benzotriazol merupakan inhibitor konvensional yang banyak digunakan sebagai inhibitor untuk logam tembaga maupun campurannya dengan daya inhibisi mencapai 84% pada kondisi NaCl 0,58 M, ion sulfida 2,0 ppm dengan konsentrasi benzotriazol sebesar 10<sup>-3</sup> M, yang diuji menggunakan metode pengurangan berat sampel [5]. Tingginya daya inhibisi benzotriazol pada logam tembaga maupun campurannya dapat dijelaskan melalui dua mekanisme yaitu : pertama adalah pembentukan lapisan tipis protektif dari Cu(I)BTA pada permukaan logam, dengan terjadinya reaksi :



Mekanisme kedua diduga melalui dua tahap yakni penyerapan benzotriazol oleh logam Cu membentuk



**Gambar 1.** Efisiensi daya inhibisi benzotriazol pada larutan uji

Berdasarkan data hasil pengukuran impedansi logam Cu-37Zn pada larutan uji yang disajikan pada Gambar (1),

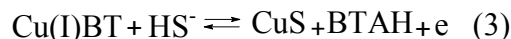
dapat ditunjukkan bahwa daya inhibisi optimum benzotriazol pada korosi campuran logam Cu-37Zn diperoleh pada penambahan inhibitor sebesar 80 ppm dengan daya inhibisi sebesar 40,74%.

Fakta tersebut ditunjukkan dengan adanya peningkatan tahanan polarisasi ( $R_p$ ) material uji yang berarti menurunnya laju korosi Cu-37Zn dengan semakin meningkatnya konsentrasi benzotriazol yang ditambahkan dalam larutan uji.

Adanya pergeseran OCP dari potensial korosi yang negatif menuju kearah potensial yang lebih positif menunjukkan bahwa benzotriazol berlaku sebagai inhibitor anodik. Inhibitor jenis ini mampu menghambat proses anodik yang berarti mencegah proses terjadinya pelarutan Cu menjadi Cu<sup>2+</sup>. Rendahnya daya inhibisi benzotriazol juga diduga karena adanya persaingan antara ion sulfida (15 ppm) dan benzotriazol (80 ppm) dalam berikatan dengan logam Cu.

Hegazy, *et.al.* [5] menyatakan bahwa antara ion sulfida dan benzotriazol mengalami persaingan dalam menyerang sisi aktif dari permukaan logam Cu dalam medium yang sama. Benzotriazol akan mampu menginhibisi permukaan logam Cu yang mengandung ion sulfida ketika konsentrasi benzotriazol yang ditambahkan sangat besar. (besarnya konsentrasi benzotriazol yang ditambahkan sekitar 40 kali lebih besar dari besarnya konsentrasi ion sulfida).

Pernyataan yang sama juga diungkapkan oleh Al Kharafi, *et.al.* [6], yang menyimpulkan bahwa keberadaan ion sulfida dalam medium klorida pada korosi logam Cu akan dapat menurunkan kemampuan benzotriazol dalam memproteksi logam Cu dari serangan korosi. Fakta ini didukung pula oleh kenyataan bahwa konstanta kestabilan senyawa Cu<sub>2</sub>S adalah 10<sup>47</sup> sedangkan konstanta kestabilan senyawa Cu(I)BTA kompleks adalah 10<sup>2</sup>, indikasi ini menunjukkan bahwa ion sulfida dapat berikatan dengan Cu(I) jauh lebih mudah dibandingkan dengan benzotriazol. Akibatnya ion sulfida dapat memisahkan ion Cu(I) dari Cu(I)BTA kompleks sesuai reaksi :

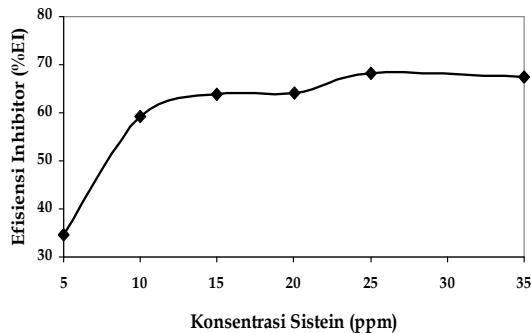


#### 3.2 Efektivitas Daya Inhibisi Sistein (Cys)

Sistein merupakan salah satu inhibitor korosi yang efektif pada korosi tembaga dalam medium netral dan asam klorida [1] dan sudah mulai banyak digunakan sebagai inhibitor karena sistein termasuk senyawa organik yang ramah lingkungan dengan daya inhibisi yang sangat tinggi. Secara umum sistein dapat berfungsi sebagai inhibitor karena molekulnya dapat teradsorpsi pada permukaan logam. Sistein hadir sebagai senyawa zwiter ion dalam medium netral. Struktur zwiter ion ini dapat tertarik pada sisi katoda dari permukaan logam. Ion klorida akan teradsorpsi pada permukaan logam dengan membentuk jembatan penghubung antara logam dengan muatan sistein yang sangat positif dan keadaan ini akan memfasilitasi proses adsorpsi sistein pada permukaan logam.

Menurut Zhang, *et.al.* [7] sistein dapat menjadi inhibitor yang baik karena adanya gugus -SH (gugus merkaptto), hal ini disebabkan karena atom S memiliki orbital 3d yang jarak Menurut elektronnya sangat jauh dari inti sehingga daya tarik ke inti sangat kecil. Akibatnya

elektron ini cenderung dipakai untuk berikatan dengan elektron yang tidak berpasangan pada orbital  $3d$  dari atom Cu. Faktor inilah yang memberikan kemampuan daya inhibisi sistein sangat tinggi karena akan mampu menutupi sisi permukaan logam Cu yang berpotensi mengalami korosi.



**Gambar 2.** Efisiensi daya inhibisi sistein pada larutan uji

Berdasarkan data hasil pengukuran impedansi logam Cu-37Zn pada larutan uji yang disajikan pada Gambar (2) dapat ditunjukkan bahwa daya inhibisi optimum sistein pada korosi campuran logam Cu-37Zn diperoleh pada penambahan inhibitor sebesar 25 ppm dengan daya inhibisi sebesar 68,16%. Fakta ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan tahanan polarisasi ( $R_p$ ) material uji yang berarti menurunnya laju korosi Cu-37Zn dengan semakin meningkatnya konsentrasi sistein yang ditambahkan dalam larutan uji. Adanya pergeseran OCP dari potensial korosi yang negatif menuju kearah potensial yang lebih positif menunjukkan bahwa sistein berlaku sebagai inhibitor anodik. Inhibitor jenis ini mampu menghambat proses anodik yang berarti mencegah proses terjadinya pelarutan Cu menjadi  $Cu^{2+}$ . Dengan demikian berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan komposisi larutan uji yang mengandung  $Ca(NO_3)_2$  5,3 ppm, NaCl 78 ppm dan ion sulfida 15 ppm, diperoleh fakta bahwa daya inhibisi sistein pada konsentrasi 25 ppm sebesar 68,16%, sedangkan benzotriazol pada konsentrasi 80 ppm sebesar 40,74%. Dengan demikian daya inhibisi sistein lebih baik dibandingkan dengan daya inhibisi benzotriazol dalam medium netral. Fakta ini melengkapi informasi yang telah disimpulkan oleh Zhang *et.al.* [7] yang menyatakan bahwa daya inhibisi sistein lebih besar dari pada benzotriazol dalam medium asam (HCl 0,5 M).

### 3.3 Isoterm Adsorpsi

Secara umum, molekul inhibitor dapat terikat pada permukaan logam melalui adsorpsi yang tergolong adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan/atau adsorpsi kimia (khemisorpsi). Pada adsorpsi fisik, molekul inhibitor terikat oleh gaya van der Waals yang pada interaksi ini menghasilkan ikatan yang lemah antara inhibitor dengan permukaan logam. Molekul-molekul yang terserap secara fisik tetap mempertahankan identitasnya karena energi yang tersedia tidak cukup untuk membentuk ikatan kimia dengan logam. Sedangkan pada khemisorpsi proses serapan terjadi dengan pembentukan ikatan kovalen hasil interaksi molekul-molekul inhibitor tersebut dengan permukaan logam membentuk ikatan yang lebih kuat.

Besarnya bagian permukaan logam yang tertutupi inhibitor (benzotriazol dan sistein)  $\Theta$ , pada berbagai konsentrasi dihitung berdasarkan data impedansi hasil pengukuran, dengan persamaan :

$$\% \Theta = \frac{R_p(inh) - R_p}{R_p(inh)} \quad (4)$$

dengan  $\Theta$  adalah fraksi permukaan logam yang tertutupi inhibitor,  $R_{p(inh)}$  dan  $R_p$  berturut-turut adalah tahanan polarisasi dengan inhibitor dan tahanan polarisasi tanpa inhibitor.

Untuk memperoleh lebih banyak informasi tentang interaksi antara inhibitor (benzotriazol dan sistein) dengan permukaan logam dapat di uji menggunakan persamaan isoterm Langmuir :

$$\Theta = \frac{K \cdot c}{1 + K \cdot c} \quad (5)$$

Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan pada tiga asumsi: adsorpsi molekul-molekul inhibitor pada permukaan logam membentuk lapisan molekul tunggal, semua sisi permukaan logam bersifat homogen dan tidak ada antaraksi lateral antar molekul yang teradsorpsi. Persamaan (5) dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{c}{\Theta} = \frac{1}{K} + c \quad (6)$$

dengan  $c$  adalah konsentrasi inhibitor dan  $K$  adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi yang berkaitan dengan energi bebas adsorpsi  $\Delta G_{ads}$  oleh ungkapan :

$$K = \frac{1}{c_{pelarut}} \exp \left( - \frac{\Delta G_{ads}}{RT} \right) \quad (7)$$

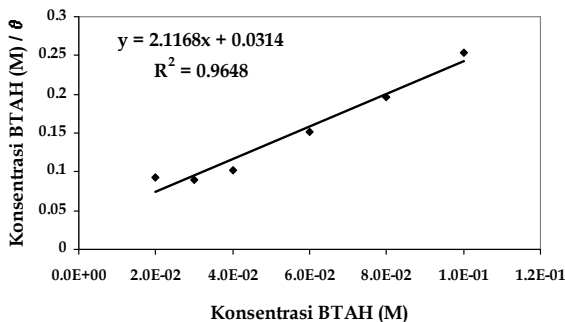
dengan  $C_{pelarut}$  menunjukkan konsentrasi pelarut (air), 55,5 mol/L,  $R$  adalah konstanta gas universal (8,314 J/mol. K), dan  $T$  adalah suhu mutlak (K). Dengan membuat grafik  $c/\Theta$  sebagai fungsi  $c$  (konsentrasi inhibitor, mol/L) akan diperoleh nilai  $1/K$  yang merupakan titik potong garis grafik pada sumbu  $c/\Theta$  (pada  $c = 0$ ).

Berdasarkan hasil pengukuran impedansi efisiensi inhibisi benzotriazol dan sistein pada logam Cu – 37Zn diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel. 1 :

**Tabel 1.** Permukaan tertutupi pada Cu-37Zn sebagai fungsi konsentrasi benzotriazol dan sistein pada larutan uji

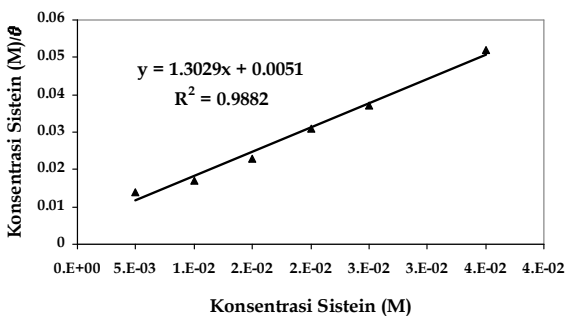
Konsentrasi inhibitor BTAH (mM)	Permukaan logam yang tertutupi ( $\Theta$ )	Konsentrasi inhibitor Sistein (mM)	Permukaan logam yang tertutupi ( $\Theta$ )
Blanko	-	Blanko	-
20	0,2144	5	0,3840
30	0,3325	10	0,5930
40	0,3941	15	0,6393
60	0,3944	20	0,6419
80	0,4074	25	0,6816
100	0,3944	35	0,6752

Berdasarkan Persamaan (6) dan data pada Tabel.1, hasil pengaluran  $c/\theta$  sebagai fungsi  $c$  diperoleh nilai  $1/K$  grafik untuk benzotriazol dan sistein berturut-turut adalah 0,0314 dan 0,0051, sehingga akan diperoleh harga K sebesar 31,847 untuk benzotriazol dan 196,078 untuk sistein.



**Gambar 3.** Adsorpsi isoterm Langmuir dari Cu-37Zn yang mengandung inhibitor benzotriazol pada larutan uji

Dengan menggunakan Persamaan (7) akan diperoleh hubungan besarnya nilai K dengan besarnya energi bebas adsorpsi ( $\Delta G_{ads}$ ) untuk setiap inhibitor. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh energi bebas adsorpsi ( $\Delta G_{ads}$ ) untuk benzotriazol dan sistein berturut-turut adalah  $-18,53$  kJ/mol dan  $-23,03$  kJ/mol.



**Gambar 4.** Adsorpsi isoterm Langmuir dari Cu-37Zn yang mengandung inhibitor sistein pada larutan uji

Jika besarnya  $-\Delta G_{ads}$  adalah 20 kJ/mol atau lebih kecil hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara inhibitor dan permukaan logam adalah fisisorpsi. Ini berarti bahwa molekul inhibitor terikat menggunakan gaya van der Waals yang pada interaksi ini menghasilkan ikatan yang lemah. Jika besarnya  $-\Delta G_{ads}$  sebesar 40 kJ/mol atau lebih besar menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi antara inhibitor dan permukaan logam adalah khemisorpsi membentuk ikatan yang lebih kuat secara kimiawi. [1], [8]. Dari hasil perhitungan data pada Tabel 1, dengan persamaan (6) dan persamaan (7) diperoleh besarnya energi bebas adsorpsi ( $\Delta G_{ads}$ ) dari benzotriazol dan sistein pada larutan uji secara berurutan adalah  $-18,53$  kJ/mol dan  $-23,03$  kJ/mol. Hal ini menunjukkan bahwa baik benzotriazol maupun sistein teradsorpsi pada permukaan logam secara fisisorpsi. Fakta ini juga sesuai dengan apa yang disimpulkan oleh Ismail [1], yang menyatakan bahwa adsorpsi sistein pada logam Cu menunjukkan adsorpsi secara fisik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada suhu kamar daya inhibisi sistein lebih efektif dibandingkan dengan benzotriazol pada korosi logam Cu-37Zn. Daya inhibisi benzotriazol (80 ppm) dan sistein (25 ppm) pada suhu kamar berturut-turut adalah 40,74% dan 68,16%. Kedua inhibitor teradsorpsi secara fisik (antara inhibitor dan permukaan logam hanya berinteraksi menggunakan gaya van der Waals) dengan energi bebas adsorpsinya ( $\Delta G_{ads}$ )  $-18,53$  kJ/mol untuk benzotriazol dan  $-23,03$  kJ/mol untuk sistein.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismail, K.M., (2007), Evaluation of cysteine as environmentally friendly corrosion inhibitor for copper in neutral and acidic chloride solutions, *Electrochimica Acta*, **52**, 7811–7819
- [2] Bundjali, B., (2005), Perilaku dan Inhibisi Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Bikarbonat –  $CO_2$ , *Disertasi Departemen Kimia ITB*.
- [3] Yatiman, P., (2006), Mekanisme inhibisi benzotriazol pada korosi baja karbon dalam larutan natrium klorida dan atau natrium karbonat, *Disertasi Departemen Kimia ITB*.
- [4] Matos, J.B., Pereira, L.P., Agostinho, S.M.L., Barcia, O.E., Cordeiro, G.G.O., Elia, E.D., (2004), Effect of cysteine on the anodic dissolution of copper in sulfuric acid medium, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **570**, 91–94
- [5] Hegazy, H.S., Ashour, E.A., Ateya, B.G., (2001), Effect of benzotriazole on the corrosion of alpha brass in sulfide polluted salt water, *Journal of Applied Electrochemistry*, **31**, 1261-1265
- [6] Al Kharafi, F.M., Abdullah, A.M., Ghayad, I.M., Ateya, B.G., (2007), Effect of sulfide pollution on the stability of the protective film of benzotriazole on copper, *Applied Surface Science*, **253**, 8986–8991
- [7] Zhang, D.Q., Gao, L.X., Zhou, G.D., (2005), Inhibition of copper corrosion in aerated hydrochloric acid solution by amino-acid compounds, *Journal of Applied Electrochemistry*, **35**, 1081–1085
- [8] Kosec, T., Milosev, I., Pihlar, B., (2007), Benzotriazole as an inhibitor of brass corrosion in chloride solution, *Applied Surface Science*, **253**, 8863–8873