

ADSORPSI SENYAWA 2,3-DIFENIL-IMIDAZO[1,2-A]PIRIDIN SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA KARBON DALAM LARUTAN ELEKTROLIT JENUH KARBON DIOKSIDA

Tety Sudiarti

Abstrak

Pada industri pertambangan, minyak mentah yang dihasilkan bercampur dengan garam-garam klorida, gas yang bersifat asam seperti CO₂ dan H₂S, dan asam-asam organik yang memiliki berat molekul rendah seperti asam format dan asetat yang jika bercampur dengan air akan menjadi media yang sangat korosif terhadap bagian dalam pipa baja karbon yang digunakan dalam sumur produksi. Oleh karena itu, masalah korosi memerlukan penanganan yang sungguh-sungguh. Penanganan masalah ini masih sangat sulit karena faktor biaya yang sangat besar, oleh karena itu dibutuhkan upaya penanggulangan yang relatif lebih murah dan mudah. Salah satunya adalah dengan penambahan inhibitor korosi. Senyawa inhibitor yang digunakan adalah 2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin. Senyawa tersebut memiliki struktur molekul yang planar dan mengandung atom N yang memiliki pasangan elektron bebas yang dapat mengadsorpsi pada permukaan logam sehingga diharapkan dapat memiliki aktivitas inhibisi yang baik. Senyawa tersebut dianalisis daya inhibisi korosinya menggunakan metode Tafel dengan variasi konsentrasi dalam medium korosif larutan NaCl 1% jenuh CO₂ serta ditentukan jenis isotherm adsorpsinya. Hasil penelitian menunjukkan senyawa 2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin menunjukkan aktivitas inhibitor yang baik dan adsorpsinya pada permukaan baja karbon sesuai dengan isotherm Langmuir yaitu dengan membentuk lapisan monolayer pada permukaan baja.

Kata kunci: *2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin, inhibitor korosi, metode Tafel, isotherm Langmuir.*

Pendahuluan

Dalam industri pertambangan (*petroleum*), minyak mentah yang dihasilkan masih bercampur dengan garam-garam klorida, gas yang bersifat asam seperti CO₂ dan H₂S, dan asam-asam organik yang memiliki berat molekul rendah seperti asam format dan asetat yang

jika bercampur dengan air maka akan menjadi media yang sangat korosif terhadap bagian dalam pipa baja karbon yang digunakan dalam sumur produksi.

Penambahan inhibitor korosi merupakan metode yang paling praktis dan mudah dilakukan serta biaya yang dibutuhkan relatif rendah

untuk menghambat terjadinya korosi [1] Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi terhadap logam. Inhibitor korosi pada umumnya berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, dan senyawa-senyawa amina yang bersifat berbahaya dan tidak ramah lingkungan. Maka dari itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya korosi [2]

Inhibitor yang memenuhi ketentuan tersebut adalah inhibitor senyawa organik seperti senyawa-senyawa turunan imidazol yang banyak dikembangkan dibidang industri *petroleum*, untuk mencari inhibitor yang menghasilkan efisiensi inhibisi paling optimal. Studi efisiensi senyawa turunan imidazol sebagai inhibitor korosi telah banyak dilakukan dan menunjukkan aktivitas inhibisi korosi yang berbeda

tergantungan struktur molekul dan gugus fungsinya. Pemakaian inhibitor tersebut disesuaikan dengan lingkungan dan jenis logam yang digunakan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui mekanisme adsorpsi senyawa 2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin pada baja karbon sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam larutan elektrolit jenuh karbon dioksida yang sesuai dengan kondisi di industri petroleum serta mempelajari mekanisme adsorpsi senyawa tersebut pada permukaan baja karbon serta menentukan isotherm adsorpsinya. Senyawa tersebut berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi karena mempunyai struktur molekul planar, kerapatan elektron tinggi dan mengandung atom nitrogen dengan pasangan elektron bebas sehingga memungkinkan teradsorpsi kuat pada permukaan logam dan meningkatkan aktivitas inhibisi korosi.

Teori

Pengertian Korosi

Korosi berasal dari bahasa Latin "corrosus" yang berarti menggerogoti. Korosi didefinisikan sebagai berkurangnya kualitas suatu

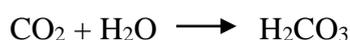
material (biasanya berupa logam atau campuran logam) sebagai akibat adanya interaksi dengan lingkungannya yang berlangsung secara berangsur-angsur yang dapat terjadi akibat interaksi secara fisika, kimia atau adanya pengaruh makhluk hidup (mikroorganisme) [3] Pada umumnya korosi pada logam disebabkan oleh proses elektrokimia yang terjadi pada permukaan logam dan atau pada antarmuka logam/larutan. Karenanya reaksi korosi merupakan reaksi heterogen yang sering kali dikendalikan oleh proses difusi. Kondisi yang memungkinkan korosi berlangsung secara elektrokimia adalah bila pada waktu bersamaan terdapat: [1]

- a. Beda potensial (antara anoda, tempat berlangsungnya reaksi oksidasi, dan katoda, tempat berlangsungnya reaksi reduksi).
- b. Mekanisme perpindahan muatan antara penghantar elektronik dan penghantar elektrolitik.
- c. Sirkuit hantaran listrik yang inambung antara anoda dan katoda.

Korosi dalam Larutan Elektrolit Jenuh CO₂

Dalam produksi gas dan minyak, CO₂ selain H₂S merupakan salah satu faktor utama penyebab korosi. Gas ini tidak bersifat korosif jika berada dalam keadaan kering dan tidak terlarut dalam air. Jika terlarut dalam air gas ini akan membentuk suatu asam lemah H₂CO₃ yang bersifat korosif. Laju korosi pada korosi CO₂ ditentukan oleh sifat lapisan produk korosi yang terbentuk pada permukaan logam. Jika lapisan terbentuk pada keadaan yang sesuai maka akan terbentuk lapisan protektif yang dapat menurunkan laju korosi.

Secara umum, CO₂ yang terlarut dalam air akan membentuk asam karbonat dengan reaksi,



(1)



(2)

Dibandingkan dengan oksigen, reaksi tersebut cenderung terjadi akibat daya larut CO₂ yang lebih tinggi dari oksigen. Jika korosi CO₂ dapat dikategorikan sebagai korosi yang diakibatkan oleh asam lemah, dimana baja terkorosi akibat reduksi dari H⁺ dan oksidasi dari Fe,

seharusnya dari reaksi di atas tingkat korosif dari CO₂ seharusnya sangat lemah. Hal ini dikarenakan tingkat disosiasi yang rendah. Nyatanya, tingkat korosif dari asam karbonat adalah lebih tinggi dari nilai dari reaksi diatas. Fenomena yang diketahui pada tahun 1924 adalah pada pH tertentu, korosi yang terjadi pada baja lebih banyak disebabkan oleh larutan cair yang mengandung CO₂ dibandingkan dengan HCl. Dari hasil eksperimen diketahui bahwa ion hidrogen merupakan unsur korosif utama dalam korosi CO₂ [4].

Persamaan Tafel

Potensial polarisasi, η , atau potensial lebih, adalah selisih potensial sampel logam yang tercelup dalam suatu larutan terhadap potensial korosinya, E_{corr} . Bila terhadap sampel logam diberikan potensial terapan, maka potensial polarisasi adalah selisih antara potensial terapan terhadap potensial korosi logam tersebut pada keadaan kesetimbangan dengan ionnya dalam larutan. Parameter ini digunakan untuk menyatakan laju pelarutan atau laju proses korosi logam sampel, yang dikenal sebagai persamaan

Tafel. Persamaan Tafel dapat diungkapkan sebagai berikut:

Untuk polarisasi anodik,

$$\eta_a = \beta_a \log i_a - \beta_a \log i_0 \quad (3)$$

untuk polarisasi katodik,

$$\eta_k = \beta_k \log i_k - \beta_k \log i_0 \quad (4)$$

dengan,

η_a = potensial polarisasi anodik

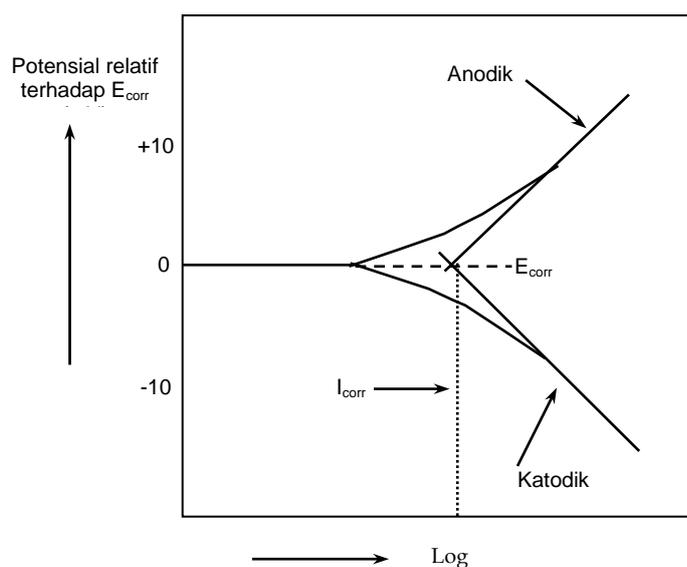
η_k = potensial polarisasi katodik

i_a = rapat arus anodik

i_k = rapat arus katodik

i_0 = rapat arus korosi pada kesetimbangan

Sedangkan β_a dan β_k disebut sebagai tetapan – tetapan Tafel atau beta anodik dan beta katodik. Ungkapan persamaan Tafel menunjukkan bahwa, aluran η terhadap $\log i$ baik pada proses anodik maupun pada proses katodik akan berupa suatu garis lurus, dengan kemiringan sama dengan tetapan Tafel yang bersangkutan, sebagaimana yang diungkapkan pada Gambar 1. Tampak bahwa pada E_{corr} , $\eta = 0$. Tetapan ini digunakan untuk menentukan rapat arus korosi yang berbanding langsung dengan laju korosi



Gambar 1. Aluran kurva Tafel

Inhibitor Korosi

Suatu inhibitor korosi adalah senyawa kimia yang pada konsentrasi rendahpun sudah berfungsi secara efektif menurunkan, atau mencegah reaksi pelarutan logam oleh lingkungannya yang bersifat korosif. Inhibitor ini dapat digolongkan menjadi inhibitor anorganik dan organik, namun yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah inhibitor organik. Hal ini disebabkan karena disamping luasnya penggunaan inhibitor ini dalam pencegahan korosi logam – logam juga disebabkan karena inhibitor ini lebih mudah terdegradasi, sehingga tidak mencemari lingkungan, sedangkan inhibitor anorganik bergantung

kationnya dapat mencemari lingkungan bila terakumulasi.

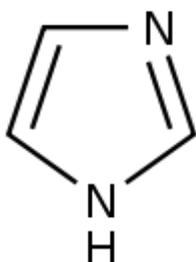
Suatu inhibitor senyawa organik dapat digolongkan sebagai inhibitor anodik, inhibitor katodik, atau campuran keduanya, tergantung pada pengaruhnya terhadap reaksi – reaksi elektrodik di permukaan logam yang diamati dari pergeseran potensial korosi.

Bila dengan teradsorpsinya molekul – molekul inhibitor pada permukaan logam menyebabkan potensial korosi bergeser ke arah positif, hal ini menunjukkan bahwa inhibitor tersebut terutama menghambat proses anodik, sebaliknya pergeseran potensial korosi ke arah negatif menunjukkan bahwa inhibitor tersebut terutama 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 [1]

Imidazol

Imidazol adalah senyawa organik aromatik heterosiklik dengan rumus kimia $C_3H_4N_2$. Senyawa aromatik heterosiklik ini tergolong

sebagai alkaloid. Imidazol merupakan salah satu inhibitor organik yang dapat menghambat korosi. Imidazol dapat mencegah terjadinya korosi di lingkungan petroleum yang disebabkan oleh CO₂ pada sumur minyak, sumur gas dan sistem pipa. Hal ini disebabkan karena imidazol mempunyai karakter adsorpsi yang baik pada permukaan logam dan membentuk lapisan monolayer [5]



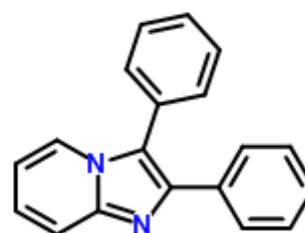
Gambar 2. Struktur umum imidazol

Imidazol memiliki cincin beranggotakan 5-planar, yang larut dalam air dan senyawa yang sangat polar, sebagaimana dengan momen dipole 3,61 D. Imidazol mengalami resonansi karena lokalisasi atom hidrogen pada dua atom nitrogen. Senyawa imidazol dan turunannya telah digunakan untuk menghambat korosi. Disamping itu, pada perkembangannya lebih banyak diminati untuk diteliti karena sifatnya yang tidak beracun dan ramah lingkungan. Banyak peneliti

yang telah menggunakan imidazol dan turunannya sebagai inhibitor korosi baja maupun tembaga dalam media asam[6]

Senyawa Turunan Imidazol

Senyawa turunan imidazol memiliki pasangan elektron bebas pada atom nitrogen yang dapat mengadsorpsi pada permukaan logam, bersifat hidrofobik, mengandung gugus fungsi elektronegatif, senyawa heterosiklik yang sangat planar. Adapun senyawa turunan imidazol yang berpotensi sebagai inhibitor korosi yaitu senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin. Struktur senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin ditunjukkan pada Gambar 3. berikut :



Gambar 3. Struktur 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin

Senyawa 2,3-difenil-imidazol[1,2-a]piridin ini berpotensi sebagai inhibisi korosi dikarenakan

penambahan keplanaran dalam struktur molekulnya sehingga diharapkan dapat memiliki daya inhibisi yang lebih baik.

Adsorpsi Inhibitor pada Permukaan Logam

Adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, terjadi karena adanya muatan sisa pada permukaan logam dan melalui struktur kimia dan alamiah logam. Terdapat dua jenis adsorpsi suatu inhibitor organik pada permukaan logam yaitu secara fisik atau elektrostatis dan kemisorpsi[7]

Kekuatan adsorpsi elektrostatis umumnya lemah, inhibitor diadsorpsi pada permukaan logam melalui gaya elektrostatis dan logam yang mengalami adsorpsi fisik dapat dengan mudah mengalami desorpsi. Pada adsorpsi elektrostatis ion-ion tidak kontak langsung secara fisik dengan logam. Suatu lapisan molekul air memisahkan logam dari ion-ion. Adsorpsi fisik memiliki energi aktivasi yang rendah dan tidak bergantung pada suhu.

Kemisorpsi dapat terjadi karena adanya ikatan koordinat yang melibatkan transfer elektron dari

inhibitor pada permukaan logam. Transfer elektron terjadi jika molekul inhibitor memiliki pasangan elektron bebas pada atom donor dari suatu gugus fungsi. Adanya elektron π , karena adanya ikatan rangkap atau adanya cincin aromatis dapat memfasilitasi transfer elektron dari inhibitor pada permukaan logam. Kemisorpsi lebih lambat daripada adsorpsi fisik dan memiliki energi aktivasi yang tinggi. Ketergantungan pada suhu terlihat dengan meningkatnya inhibisi pada suhu lebih tinggi.

Hubungan erat antara konsentrasi inhibitor dan laju korosi serta antara konsentrasi dan tingkat inhibisinya diselidiki oleh Sieverts dan Lueg [7] dan gambarannya disebut isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi seringkali menggambarkan karakteristik inhibitor dan kecepatan tertutupnya permukaan yang ditentukan melalui pengukuran kapasitansi. Isoterm adsorpsi yang mudah ditentukan dan biasa digunakan dalam menentukan sifat adsorpsi diantaranya isoterm Langmuir dan isoterm adsorpsi Temkin.. Langmuir menggambarkan hubungan antara fraksi permukaan yang tertutupi karena adsorpsi, S

dengan konsentrasi adsorbat, C dalam larutan melalui Persamaan (5):

$$S = \frac{ac}{1+ac}$$

(5)

Teori adsorpsi Langmuir diturunkan dengan anggapan gas adsorbat berkelakuan ideal, gas teradsorpsi membentuk lapisan molekul tunggal, permukaan adsorben bersifat homogen, tidak ada antar aksi lateral antar molekul adsorbat dan molekul-molekul gas yang teradsorpsi tidak bersifat "mobil" (terlokalisasi).

Isoterm Temkin menjelaskan tentang interaksi antara adsorben dengan adsorbatnya. Model ini menganggap adsorpsi pada semua molekul pada permukaan akan menurun linier dengan jumlah interaksi antara adsorbat dan adsorben. Entalpi adsorpsi sering menjadi kurang negatif saat θ bertambah, hal ini menunjukkan bahwa tempat yang paling menguntungkan dari segi energinya, akan ditempati lebih dahulu [8] Untuk isoterm adsorpsi Temkin ditentukan dengan persamaan (6) :

$$\theta = \frac{1}{f} \ln(K_{ad}C)$$

(6)

dengan θ adalah derajat penutup permukaan K_{ads} adalah koefisien adsorpsi, f adalah parameter interaksi molekul, dan C_{inh} adalah konsentrasi senyawa. Jadi nilai $\ln K$ dalam persamaan linier di atas merupakan perpotongan antara penutup permukaan (θ) dengan $\ln C_{inh}$ [9]

Peralatan dan Bahan

1. Peralatan

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan yaitu peralatan radiometer Voltalab® tipe PGZ301, program software Voltmaster dan sel elektrokimia tiga elektroda yaitu elektroda kalomel jenuh, elektroda kerja dan elektroda platina. Elektroda kerja yang digunakan yaitu baja karbon yang dibuat dengan bentuk lempengan dan berpenampang lingkaran dengan luas permukaan $1,13 \text{ cm}^2$. Elektroda baja karbon ini dalam metoda kerjanya disekat oleh perekat araldite dan politetrafluoroetilen. Elektroda kalomel jenuh (SCE) sebagai elektroda referensi dan elektroda platina sebagai elektroda pembantu. Elektroda kerja (baja karbon) dan elektroda platina dipasang saling berhadapan.

2. Bahan

a. Larutan Uji

Larutan uji yang digunakan adalah 100 mL larutan NaCl 1% jenuh CO₂ yang berperan sebagai medium korosif.

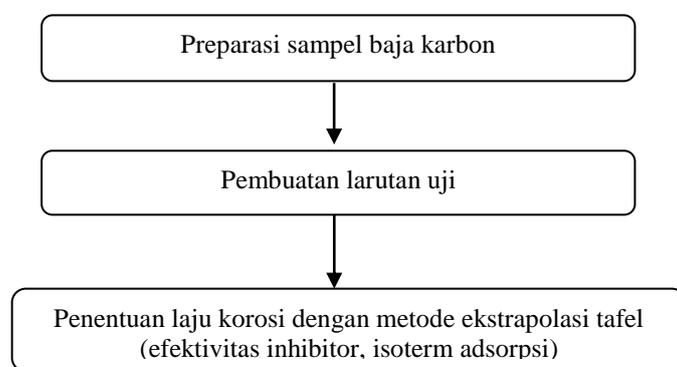
b. Inhibitor

Senyawa inhibitor yang digunakan adalah senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin

Prosedur Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui aktivitas senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam larutan elektrolit jenuh karbon dioksida. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah preparasi sampel baja karbon. Sebelum digunakan, permukaan baja dihaluskan dengan ampelas silikon karbida (grade 600-1200) dan dibilas dengan air bidestilat. Kemudian pembuatan larutan uji NaCl 1 % yang berperan sebagai medium korosif, serta ditambahkan larutan inhibitor dengan berbagai variasi konsentrasi. Inhibitor yang digunakan yaitu senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin yang dilarutkan dan diencerkan dengan metanol hingga 1000 ppm. Untuk pengukuran dengan variasi

konsentrasi, larutan inhibitor ditambahkan ke dalam larutan NaCl 1% masing-masing sebanyak 0,8 mL (8 ppm); 1,6 mL (16 ppm); 2,4 mL (24 ppm) sampai menjadi 100 mL larutan uji. Larutan uji dijenuhkan dengan mengalirkan gas CO₂ selama 30 menit untuk menghilangkan O₂ yang terlarut. Kemudian dilakukan pengukuran elektrokimia dengan metode ekstrapolasi Tafel dalam rentang potensial -50 mV dan 50 mV. Untuk pengukuran aktivitas inhibisinya dilakukan uji korosi menggunakan metode ekstrapolasi Tafel dengan variasi konsentrasi dan suhu pada rentang suhu 25 °C sampai 55 °C. penentuan laju korosi dilakukan untuk mengetahui pengaruh struktur molekul dan gugus fungsi dari inhibitor yang akan digunakan. Berikut ini skema alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 4. Skema alur penelitian

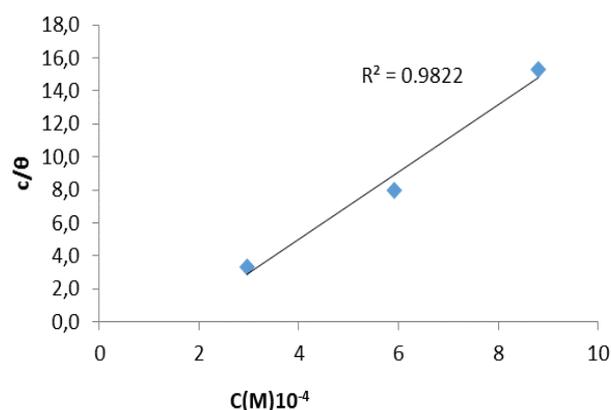
Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor dibuat larutan uji dengan menggunakan larutan NaCl 1%. Inhibitor yang digunakan berupa gel yang kemudian dilarutkan dan diencerkan dengan metanol hingga 1000 ppm. Konsentrasi inhibitor divariasikan dengan kenaikan rata-rata 8 ppm.

Hasil dan diskusi

Pengaruh inhibitor terhadap laju korosi dapat ditentukan oleh isoterm adsorpsi utamanya disebabkan karena adanya adsorpsi pada permukaan logam. Isoterm adsorpsi dapat memberikan informasi tambahan tentang sifat-sifat inhibitor. Isoterm adsorpsi yang mudah ditentukan dan biasa digunakan dalam menentukan sifat adsorpsi diantaranya isoterm Langmuir dan isoterm adsorpsi Temkin. Fraksi permukaan yang tertutupi oleh inhibitor θ ditentukan dengan perbandingan $EI(\%/100)$ [1]. Mekanisme inhibisi dari inhibitor korosi senyawa 2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin ditentukan dengan menghitung fraksi permukaan yang tertutupi θ .

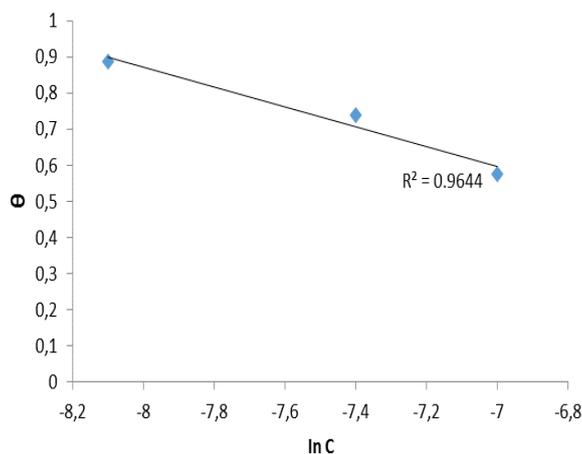
Data yang diperoleh menunjukkan bahwa senyawa 2,3-

difenil-imidazo[1,2-a]piridin menghasilkan plot linier pada kurva isoterm adsorpsi Langmuir, dengan $R^2 = 0.9822$. Isoterm Langmuir didasarkan pada asumsi bahwa setiap tempat adsorpsi adalah ekuivalen, dan kemampuan partikel untuk terikat di tempat tidak bergantung pada ditempati atau tidaknya tempat yang berdekatan [8].



Gambar .5 Kurva isoterm adsorpsi Langmuir senyawa 2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin

Senyawa 2,3-difenilimidazo[1,2-a]piridin selain menghasilkan plot linier pada kurva isoterm Langmuir, senyawa ini juga menghasilkan blok linier pada kurva isoterm adsorpsi Temkin dengan $R^2 = 0.9644$.



Gambar 6 Kurva isoterm adsorpsi Temkin senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin

Isoterm Temkin menganggap adsorpsi pada semua molekul pada permukaan akan menurun linier dengan interaksi antara adsorbat dan adsorben [2] Entalpi adsorpsi sering menjadi kurang negatif saat θ bertambah, hal ini menunjukkan bahwa tempat yang paling menguntungkan dari segi energinya, akan ditempati lebih dahulu [8]. Berdasarkan kedua kurva adsorpsi isoterm di atas, nilai regresi linier (R^2) yang paling besar adalah kurva adsorpsi isoterm Langmuir yang bernilai 0,9822 dibandingkan dengan nilai regresi linier (R^2) yang bernilai 0,9644. Maka mekanisme senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir karena nilai regresi

liniernya mendekati 1. Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer) pada permukaan baja dan terjadi adsorpsi elektrostatis, panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, dan semua situs dan permukaannya bersifat homogen [10]. Aktivitas inhibitor senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin menunjukkan kesesuaian dengan isoterm Langmuir yaitu dengan membentuk lapisan monolayer pada permukaan baja. Langmuir menggambarkan hubungan antara fraksi permukaan yang tertutupi karena adsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan [11].

Kesimpulan

Senyawa 2,3-difenil-imidazo[1,2-a]piridin menunjukkan aktivitas inhibitor yang baik dan adsorpsinya pada permukaan baja karbon sesuai dengan isoterm Langmuir yaitu dengan membentuk lapisan monolayer pada permukaan baja

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada ketua Laboratorium Korosi, Laboratorium Kimia Fisik Material ITB.

Referensi

- [1]. Bundjali, B., *Perilaku dan Inhibisi Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Bikarbonat – CO₂*, Disertasi, ITB.[2005]
- [2] Sunarya, Yayan. *Mekanisme dan Efisiensi Inhibisi Sistein Pada Korosi Baja Karbon Dalam Larutan Elektrolit Januh Karbon Dioksida*. Disertasi Program Doktor, ITB.(2008)
- [3]. Bundjali, B., *Tinjauan Termodinamika dan Kinetika Korosi serta Teknik-Teknik Pengukuran Laju Korosi*, Diklat Kuliah, ITB.(2000)
- [4]. Fitriasih, Sangya. *Studi Inhibisi Korosi Baja 304 Dalam Hcl 2 M Dengan Inhibitor Campuran Asam Lemak Hasil Hidrolisa Minyak Biji Kapuk*. Jurnal, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.(2010)
- [5]. Fahrurrozie, Ali. *Efisiensi Inhibisi Cairan Ionik Turunan Imidazolin Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon Dalam Larutan Elektrolit Jenuh Karbon Dioksida*. Skripsi, UPI, 25-28.(2010)
- [6]. Munazim, Iis Fatmawati.. *Sintesis 2-fenil-4,5-di(2-piridil)imidazole, 2-fenil-4,5-di(2-piridil)oksazol, dan 2-(2-hidroksifenil)-4,5-di(2-piridil)imidazole Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon*. Tesis, ITB.(2009)
- [7]. Sastri, V.S., *Corrosion Inhibitor Principles and Application*, John Wiley & Sons Ltd.(1998)
- [8]. Atkins, P. W. *Kimia Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.(1996)
- [9]. Wahyuningrum, D., *Sintesis Senyawa Turunan Imidazol dan Penentuan Aktifitas Inhibisi Korosinya pada Permukaan Baja Karbon*, Disertasi, ITB.(2008)
- [10]. Sukarta, I Nyoman. *Adsorpsi Ion Cr³⁺ Oleh Serbuk Gergaji Kayu Albizia (Albizia Falcata): Studi Pengembangan Bahan*

- Alternatif Penjerap Limbah Logam Berat.* Tesis, IPB.(2008)
- [11]. Sudiarti, Tety. 2008. *Korosi Baja Karbon dalam Lingkungan Air Sadah.* Tesis, ITB.
- [12]. Takasaki, S., Yamada, Y., Effects of temperature and aggressive anions on corrosion of carbon steel in potable water, *Corros Sci*, **49**, 240-247. (2007)
- [13]. Larson, E., Skold, R.V., Laboratory studies relating mineral quality of water to corrosion of steel and cast iron, *Corrosion*, **14**, 285-288.(1958)
- [14]. El Achouri, M., Infante, M.R., Izquierdo, F., Synthesis of some cationic gemini surfactants and their inhibitive effect on iron corrosion in hydrochloric acid medium, *Corros Sci*, **43**, 19-35.(2001)
- [15]. Trethewey, K.R., Chamberlain, J., *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, Gramedia Pustaka Utama.(1991)
- [16]. Butler, G., Ison, H.C.K., *Corrosion and Its Prevention in Waters*, Chemical and Process Engineering Series, Leonard Hill.[1966]
- [17]. Bundjali, B., Konstruksi diagram potensial-pH untuk baja karbon dalam *Buffer Asetat* secara potensiodinamik eksperimental, *J. Matematika dan Sains*, **9**, 307-312.(2004)
- [18]. Surdia, T., Saito, S., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Departemen Mesin, ITB.(1984)
- [19]. Bentiss, F., Bouanis, M., Mernari, B., Traisnel, M., Vezin, H., Lagrene, M., Understanding the adsorption of 4H- 1,2,4-triazole derivatives on mildsteel surface in molar hydrochloric acid, *Applied Surface Sci*, **253**, 3696-3704 (2007)
- [20]. West, J.M., (1980), *Basic Corrosion and Oxidation*, Second Edition, Ellis Horwood Limited.
- [21]. Ergun, U., The inhibitory effect of bis- 2,6(3,5 dimethylpyrazolyl) pyridine on the corrosion behavior of mild steel in HCl solution, *Materials*

- Chem and Phys*, **30**, 30-30.(2008).
- [21]. Fuchs, R., Inhibitory effect of non ionic surfactants of the triton-x series on the corrosion of carbon steel in sulphuric acid, *Chim Acta*, **52**, 4974-4981. (2007)
- [22]. Deyab, M.A., Helal, A., Fouda, A.S., Effect of cationic surfactant and inorganic anions on the electrochemical behavior of carbon steel in formation water, *Corros Sci*, **49**, 2315-2328. (2007)
- [23]. Abdallah, M., Helal, A., Fouda, A.S., Aminopyrimidine derivatives as inhibitor for corrosion of 1018 carbon steel nitric acid solution, *Corros Sci*, **48**,1639-1654. (2006)
- [24].Reffass, M., Sabot, R., Savall, C., Jeannin. M., Localised corrosion of carbon steel in NaHCO₃/ NaCl , *Corros Sci*, **48**, 726-728.(2006)
- [25]. Chetoutani, A., Inhibition of pure iron by new synthesized tripyrazole derivatives in HCl solution, *Corros Sci*, **48**,2987-2997.(2006)
- [20]. Lukomska, A.,Smolin, S., Sobkowski, J., Adsorption thiourea on monocrystalline copper Electrodes, *Chim Acta*, **46**, 3111-3117 .(2001)
- [26]. Stankovi,Z.D., Vukovic, M., The influence of thiourea on kinetic parameters on the cathodic and anodic reaction at different metals in H₂SO₄ solution, *Chim Acta*, **4686**, 00066- 7.[1996]
- [27]. Antonia, E., Peyerimhoff, S.D., On the relationship between corrosion inhibiting effect and molecular structure, *chim Acta*, **47**,1365- 1371.[2002]
- [28]. Jovancicevic,V., Ahn, Y.S., Dougherti,J., *CO₂ corrosion inhibition by sulfur-containing organic compounds*, Paper, NACE.(2000)
- [29]. Chikh, Z.A, Electrochemical and analytical study of corrosion inhibition on carbon steel in HCl medium by 1,12-bis(1,2,4, triazolyl)dodecane, *Corros Sci*, **47**, 447-459.(2005)
- [30]. Gao, B., Zhang, X., Sheng, Y., Studies on preparing and corrosion inhibition behaviour of quaternized polyethyleneimine for low carbon steel in sulfuric

- acid, *Materials Chem and Phys*,
108, 375–381.(2008)
- [31]. Hamman, C.H., Hamnet, A.,
Vielstich, W., *Electrochemistry*,
Wiley- VCH.(1997)
- [32]. Piron, D.J., *The
Electrochemistry of Corrosion*,
NACE.
- [33]. Jiang, X., Zheng Y. G., Qu,
D.R., Ke, W., (2006), Effect of
calcium ions on pitting
corrosion and inhibition
performance in CO₂ corrosion
of N80 steel, *Corros Sci*, **48**,
3091-3108.(1991)
- [34]. Ernst, P., Newman, R.C.,
Explanation of the effect of
high chloride concentration
on the critical pitting
temperature of stainless steel,
Corros Sci, **49**, 3705-
3715.(2007)

Tety Sudiarti

Chemistry Department, Faculty of
Science and Technology UIN Sunan
Gunung Djati Bandung

s_tety70@yahoo.com