

**PENGGUNAAN TIUREA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA KARBON API 5L
X65 DALAM LARUTAN ASAM KLOORIDA
PADA SUHU 45°C**

ARTIKEL JURNAL

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S-1 Sains Bidang Kimia**



Oleh:

**ELSA NIDYA HARDYANTI
12307141015**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

**PENGGUNAAN TIOUREA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA KARBON
API 5L X65 DALAM LARUTAN ASAM KLORIDA
(APPLICATION OF THIOUREA AS CORROSION INHIBITOR OF API 5L
X65 CARBON STEEL IN HYDROCHLORIC ACID SOLUTION)**

Elsa Nidya Hardyanti dan P. Yatiman

Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Jl. Colombo 1 Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281

Email: p_yatiman@yahoo.co.id.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tiourea terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi pada korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M dan untuk mengetahui konsentrasi tiourea yang memadai ($EI \geq 90\%$) pada pengendalian korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss method*). Konsentrasi tiourea yang ditambahkan adalah 25, 100, 300, 500, 700, 1000 dan 1100 ppm. Sebelum dipaparkan sampel dipoles menggunakan kertas silikon karbida (SiC) 180, 600, 1000 dan 1500 grit dan dibilas dengan aseton 10%. Sampel sebelum dan sesudah pemaparan dalam larutan uji dikarakterisasi menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD), Spektrofotometer IR dan Fotomikroskopi. Laju korosi baja karbon API 5L X65 menurun dan efisiensi inhibisi (EI) meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi tiourea dan waktu pemaparan. Konsentrasi tiourea yang memadai ($EI 91,70\%$) sebagai inhibitor korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ adalah 500 ppm dengan waktu pemaparan 24 jam.

Kata kunci: *baja karbon API 5L X65, inhibitor korosi, larutan HCl, metode kehilangan berat, tiourea*

Abstract

The aims of this research were to determine the influence of thiourea on the corrosion rate and inhibition efficiency on the corrosion of API 5L X65 Carbon Steel and to know the adequate concentration of thiourea ($EI \geq 90\%$) for the corrosion control of API 5L X65 Carbon Steel in 1 M HCl solution at temperature of $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. The concentration of thiourea added were 25, 100, 300, 500, 700, 1000 and 1100 ppm, respectively. The research used Weight-loss method. Prior to all measurements, the specimens was mechanically abraded with 180, 600, 1000 and 1500 grades of emery papers and washed with 10 % of ethanol. Carbon steel samples before and after immersion in the test solutions were characterized by using X-Ray

Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra Red Spectrophotometer (FTIR), and photomicroscopy. Corrosion rate of API 5L X65 Carbon Steel decrease and inhibitor efficiency (EI) of thiourea increase with the increase of inhibitor concentration and immersion time. The adequate concentration of thiourea (IE 91,70 %) as corrosion inhibitor of API 5L X65 in 1 M HCl solution at temperature of 45 °C was 500 ppm at immersion time of 24 hours.

Keywords: *API 5L X65 carbon steel, corrosion inhibitor, HCl solutions, thiourea, weight-loss method.*

Pendahuluan

Baja karbon API 5L X65 merupakan jenis baja karbon rendah yang didesain khusus untuk pipa bawah laut sebagai penyalur gas, air, dan minyak bumi yang efisien dan ekonomis di dunia [1]. Selama pemakaian baja akan bereaksi dengan lingkungan yang menyebabkan korosi seperti lingkungan yang mengandung CO₂, H₂S, dan yang mengandung ion agresif seperti Cl⁻, SO₄²⁻, dan NO₃⁻ [2] sehingga kembali menjadi senyawa besi oksida.

Adanya serangan korosi menurunkan mutu baja karbon sehingga perlu adanya pengendalian, misalnya dengan menggunakan inhibitor organik yang ramah lingkungan, salah satunya senyawa adalah tiourea. Adanya kandungan satu atom belerang (S) dan dua atom nitrogen (N), serta pasangan elektron bebas menjadikan tiourea lebih mudah diserap ke dalam permukaan logam yang membentuk lapisan

pelindung sehingga mampu melindungi logam/baja karbon dari serangan korosi [3].

Di dalam penelitian ini dilakukan penyelidikan mengenai laju korosi, efisiensi inhibisi dan konsentrasi tiourea yang memadai (IE ≥ 90 %) pada pengendalian korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C dengan berbagai variasi konsentrasi dan waktu.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss method*). Sampel baja karbon API 5L X65 dipotong dengan ukuran 1,9 x 1,0 x 0,2 cm, dipoles dengan kertas silikon karbida (SiC) 180, 600, 1000 dan 1500 grit dan dicuci dengan etanol 10% kemudian dimasukkan dalam desikator.

Pemaparan sampel dibuat triplo dalam 50 mL larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C tanpa dan dengan penambahan tiourea 25, 100, 300, 500, 700, 1000 dan

1100 ppm. Selain itu sampel juga dipaparkan dalam 50 mL HCl 1 M + 500 ppm tiourea pada suhu 45 °C dengan variasi waktu pemaparan 1, 3, 6, 18 dan 24 jam.

Produk korosi yang terbentuk dibersihkan dengan pasta NaHCO₃ hingga produk korosinya hilang lalu dibilas dengan etanol 10%, dikeringkan dalam desikator dan ditimbang dengan timbangan analitik.

Laju korosi baja karbon dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_R = \frac{W_B - W_A}{A t} \quad [4]$$

dengan,

C_R = laju korosi (g cm⁻² h⁻¹)

W_B = berat spesimen sebelum dipaparkan dalam larutan uji (gram)

W_A = berat spesimen setelah dipaparkan dalam larutan uji (gram)

A = luas permukaan spesimen (cm²)

t = waktu perendaman (h)

Sedangkan efisiensi inhibisi tiourea dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$EI (\%) = \frac{(\overline{C_R} - C_{Ri})}{\overline{C_R}} \times 100 \quad [5]$$

dimana:

IE = efisiensi inhibisi (%)

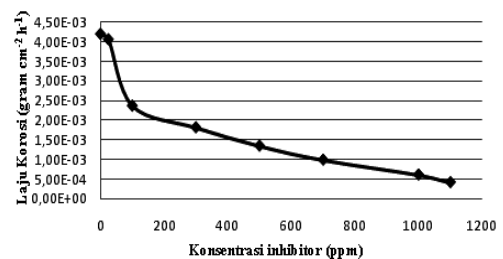
$\overline{C_R}$ = laju korosi rata – rata tanpa inhibitor (g cm⁻² h⁻¹)

C_{Ri} = laju korosi dengan inhibitor (g cm⁻² h⁻¹)

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Laju Korosi pada Korosi Baja Karbon API 5L X65 dalam Larutan HCl 1 M Tanpa dan dengan Penambahan Tiourea pada Suhu 45 °C dan berbagai Waktu Pemaparan

Berdasarkan data hasil uji, laju korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C dan waktu pemaparan 6 jam tanpa penambahan tiourea sebesar (4,195 x 10⁻³ ± 2,26 x 10⁻⁵) g cm⁻² h⁻¹. Pengaruh penambahan tiourea terhadap laju korosi baja karbon dapat dilihat pada Gambar 1.

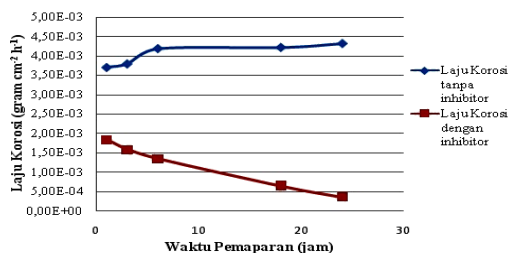


Gambar 1. Grafik Laju Korosi Baja Karbon API 5L X65 dalam Larutan HCl 1 M pada Suhu 45 °C dan Berbagai Konsentrasi Tiourea dan Waktu Pemaparan 6 Jam.

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 diketahui bahwa laju korosi semakin turun dan efisiensi inhibisi semakin naik seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor yang digunakan karena inhibitor dapat membentuk selaput atau film yang mengakibatkan penurunan

area permukaan yang masih tersedia sebagai tempat terjadinya reaksi anodik atau katodik sehingga laju korosi turun sesuai dengan penelitian Shokry, *et al.* [6] dan Singh [7].

Laju korosi baja karbon dengan penambahan tiourea 500 ppm juga diselidiki pada suhu 45 °C dan waktu pemaparan 1, 3, 6, 18 dan 24 jam. Hubungan antara laju korosi baja karbon dan waktu pemaparan disajikan pada Gambar 2.

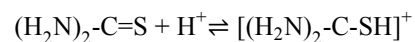


Gambar 2. Grafik Laju Korosi Baja Karbon API 5L X65 dalam Larutan HCl 1 M pada Suhu 45 °C dan Berbagai Waktu Pemaparan Tanpa dan dengan Penambahan Tiourea 500 ppm.

Berdasarkan grafik pada Gambar 2 diketahui bahwa semakin bertambahnya waktu pemaparan, korosi baja karbon API 5L X65 tanpa inhibitor semakin meningkat, sedangkan laju korosinya semakin turun dengan penambahan tiourea 500 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa tiourea dapat menginhibisi korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C dengan

berbagai konsentrasi tiourea serta waktu pemaparan.

Hal tersebut dijelaskan oleh Ateya, *et al.* [8] bahwa senyawa tiourea dalam larutan asam terprotonasi dengan konstanta keseimbangan 0,1 dengan persamaan:

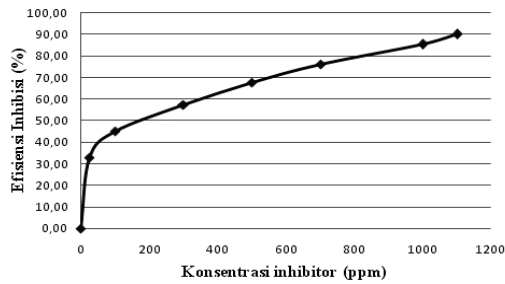


$$K_{eq} = \frac{[TUH^+]}{[TU][H^+]} = 0,1$$

Baik tiourea maupun spesi protonasinya dapat berpartisipasi dalam adsorpsi melalui proses yang berbeda bergantung pada lingkungan percobaan [9]. Berdasarkan penelitian Oguzie [9] dan Ateya [8] konsentrasi tiourea yang terprotonasi dalam HCl hanya 10 % dari spesi molekularnya. Dengan demikian spesi molekular tiourea lebih dominan dalam memblokir permukaan baja karbon sehingga laju korosinya turun.

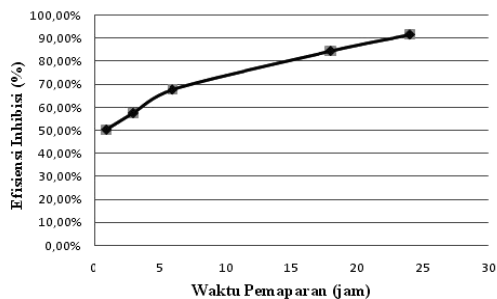
Efisiensi Inhibisi Tiourea pada Korosi Baja Karbon API 5L X65 dalam Larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C dan berbagai Waktu Pemaparan

Hubungan antara penambahan konsentrasi tiourea dengan efisiensi inhibisi pada korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C dan waktu pemaparan 6 jam ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Inhibisi Tiourea dalam Larutan HCl 1 M pada Suhu 45 °C dan Waktu Pemaparan 6 Jam

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa efisiensi inhibisi (EI) meningkat dengan bertambahnya konsentrasi tiourea yang digunakan. Selain itu efisiensi inhibisi (EI) juga meningkat dengan bertambahnya lama waktu pemaparan baja karbon API 5L X65 seperti yang disajikan pada Gambar 4.



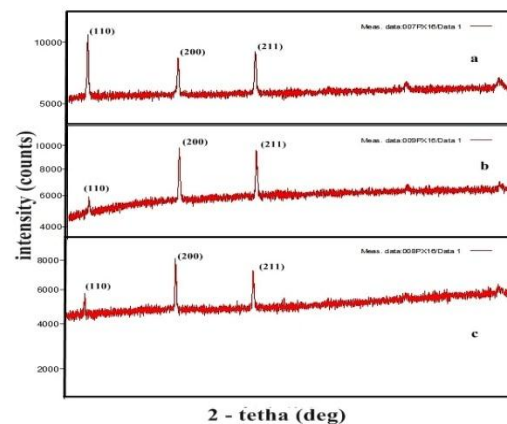
Gambar 4. Efisiensi Inhibisi Tiourea 500 ppm dalam Larutan HCl 1 M pada Suhu 45 °C dan Berbagai Waktu Pemaparan

Efisiensi inhibisi (EI) meningkat dengan bertambahnya konsentrasi tiourea dan waktu pemaparan. Kenaikan efisiensi inhibisi tiourea seiring dengan semakin lamanya waktu pemaparan disebabkan oleh pembentukan lapisan/film pelindung pada permukaan baja karbon yang densitasnya

bergantung pada waktu sesuai dengan penelitian Yatiman, dkk. [10]. Dengan demikian tiourea dapat menginhibisi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M pada suhu 45 °C.

Karakterisasi Baja Karbon API 5L X65 dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

Sampel yang dikarakterisasi menggunakan XRD adalah baja karbon blanko, baja karbon yang dipaparkan dalam larutan HCl 1 M selama 24 jam pada suhu 45 °C tanpa dan dengan penambahan tiourea 500 ppm. Difraktogram ketiga sampel baja karbon dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Difraktogram: a). Baja Karbon Blanko b). Baja Karbon API 5L X65 Setelah Pemaparan dalam Larutan HCl 1 M pada Suhu 45 °C dan Waktu Pemaparan 24 Jam c). Baja Karbon API 5L X65 Setelah Pemaparan dalam Larutan HCl 1 M dengan Penambahan Tiourea 500 ppm pada Suhu 45 °C dan Waktu Pemaparan 24 Jam

Difraktogram Gambar 5 a) menunjukkan tiga intensitas terkuat sampel baja karbon blanko berturut –

turut yaitu 100, 58,969 dan 74,114 % pada daerah $2\theta \approx 44, 543^{\circ}$ (110), $64,862^{\circ}$ (200) dan $82,223^{\circ}$ (211).

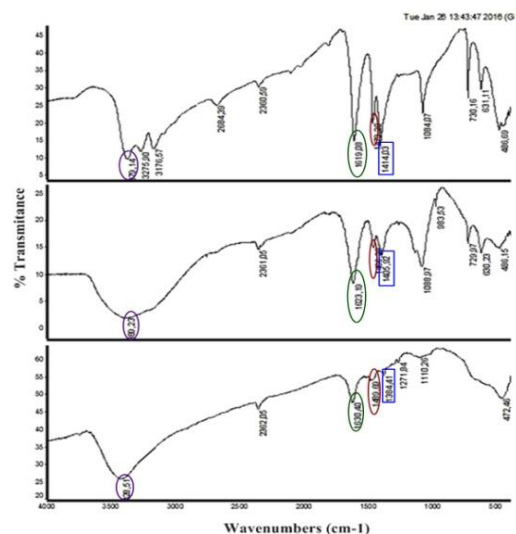
Gambar 5 b) menunjukkan tiga puncak dari bidang kisi (110), (200) dan (211) pada 2θ sebesar $44,860^{\circ}$, $65,119^{\circ}$ dan $82,432^{\circ}$ dengan intensitas masing – masing sebesar 12,918, 100 dan 73,500 %. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa proses korosi merusak bidang (110) ditunjukkan dengan menurunnya intensitas bidang (110) pada baja karbon API 5L X65 setelah dipaparkan dalam larutan HCl 1 M. Hal ini disebabkan oleh pelarutan besi terbesar adalah dari atom – atom besi yang berasal dari bidang (110) yang memiliki populasi atom besi terbanyak dan diduga paling mudah dilepaskan dibandingkan dengan atom – atom besi yang mewakili posisi bidang – bidang lainnya sesuai dengan penelitian Bunbun Bundjali, dkk. [11].

Gambar 5 c) menunjukkan tiga puncak pada 2θ sebesar $44,462^{\circ}$, $64,731^{\circ}$ dan $82,099^{\circ}$ yang menunjukkan bidang kisi (110), (200) dan (211) dengan intensitas sebesar 33,848, 100 dan 93,064 %. Hal ini menunjukkan penambahan tiourea efektif melindungi baja karbon dari serangan korosi ditunjukkan dengan tidak adanya

perubahan dari pola semula setelah pemaparan, namun tetap terjadi penurunan intensitas difraksi pada bidang (110) dibanding sebelum dipaparkan. Hal ini terjadi karena penggunaan sampel baja karbon API 5L X65 secara berulang – ulang selama proses pemaparan [11].

Karakterisasi Baja Karbon API 5L X65 dengan Spektrofotometer Inframerah (FTIR)

Spektra IR sampel baja karbon hasil analisis menggunakan spektrofotometer FTIR ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektra inframerah (FTIR): a) Tiourea b) Tiourea + FeSO₄ c) Lapisan yang terbentuk pada permukaan baja karbon dalam larutan HCl + Tiourea 500 ppm

Gambar 6 a) menunjukkan spektra FTIR serbuk tiourea mempunyai gugus fungsi yang karakteristik yaitu regang C=S, regang N-C-N, deformasi NH₂ dan

regang N-H masing – masing pada bilangan gelombang 1414,03 cm^{-1} , 1473,20 cm^{-1} , 1619,08 cm^{-1} dan 3379,14 cm^{-1} .

Gambar 6 b) menunjukkan serapan hasil FTIR tiourea + FeSO_4 yang mengalami penurunan intensitas dibanding Gambar 6 a) pada bilangan gelombang 1623,19 dan 3389,23 cm^{-1} serta turun pada bilangan gelombang 1405,92 dan 1466,28 cm^{-1} .

Gambar 6 c) menunjukkan spektra FTIR serbuk lapisan pada permukaan baja karbon API 5L X65 mengalami penurunan intensitas dibanding Gambar 6.a. pada bilangan gelombang 1384,41 cm^{-1} , 1489,69, 1630,40 dan 3428,51 cm^{-1} yang merupakan serapan regang C=S, Regang NH, Regang N-C-N, dan Deformasi NH_2 . Pergeseran bilangan gelombang ke arah kanan dari regang C=S (1414,03 cm^{-1} menjadi 1384,41 cm^{-1}) dan pergeseran ke arah kiri dari regang N-C-N (1473,20 cm^{-1} menjadi 1489,69 cm^{-1}) ini menunjukkan bahwa terjadi ikatan koordinasi antara tiourea dengan Fe^{2+} pada permukaan besi terjadi melalui atom S dari gugus C=S [12].

Lapisan pelindung yang terbentuk diduga adalah kompleks Fe^{2+} -TU sesuai

dengan hasil penelitian Geetha, *et al.* [13] yang mengindikasikan terdapat ikatan antara Fe^{2+} yang ada pada permukaan logam dengan atom S dari gugus C=S membentuk lapisan yang melindungi besi/baja dari serangan korosi.

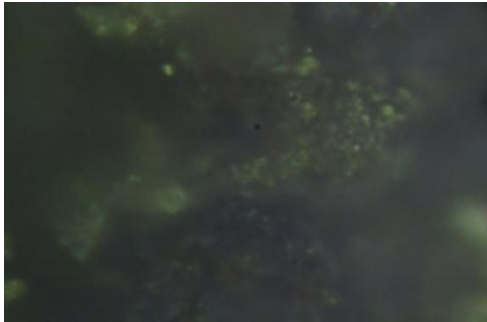
Karakterisasi Baja Karbon API 5L X65 dengan Foto Mikroskopi

Hasil foto mikroskopi permukaan baja karbon API 5L X65 dengan perbesaran 1000 kali. Hasil foto mikroskopi baja karbon sebelum dipaparkan dapat dilihat pada Gambar 7 a). Gambar 7 a) menunjukkan belum atau tidak adanya produk korosi.

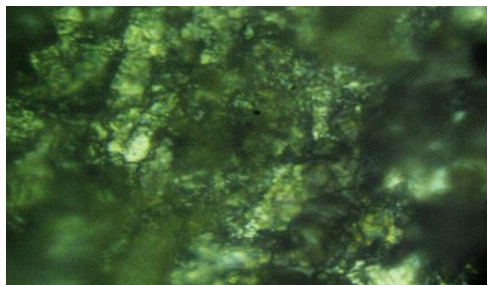


Gambar 7 a). Foto Mikroskopi dengan Perbesaran 1000 kali pada Permukaan Baja Karbon API 5L X65 Sebelum Pemaparan.

Hasil foto mikroskopi dari baja karbon API 5L X65 yang dipaparkan dalam larutan HCl 1 M dapat dilihat pada Gambar 7 b). Gambar 7 b) menunjukkan permukaan baja sebagian besar tertutupi produk korosi setelah dipaparkan dalam larutan HCl 1 M pada suhu 45 $^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.



Gambar 7 b). Foto Mikroskopi dengan Perbesaran 1000 kali pada Permukaan Baja Karbon API 5L X65 Setelah Pemaparan dalam Larutan HCl 1 M pada Suhu 45 °C dan Waktu Pemaparan 24 Jam.



Gambar 7 c). Foto Mikroskopi dengan Perbesaran 1000 kali pada Permukaan Baja Karbon API 5L X65 Setelah Pemaparan dalam Larutan HCl 1 M dengan Penambahan Thiourea 500 ppm pada Suhu 45 °C dan Waktu Pemaparan 24 Jam.

Gambar 7 c) menunjukkan permukaan baja karbon tertutupi suatu lapisan/film pelindung setelah dipaparkan dalam larutan HCl 1 M + thiourea 500 ppm. Dengan demikian penambahan thiourea ke dalam larutan HCl 1 M dapat menginhibisi korosi baja karbon API 5L X65 pada suhu 45 °C dan waktu pemaparan 24 jam.

Kesimpulan

Laju korosi baja karbon API 5L X65 dalam larutan HCl 1 M menurun

dan efisiensi inhibisi meningkat pada penambahan konsentrasi thiourea 25, 100, 300, 500, 700, 1000 dan 1100 ppm. Konsentrasi thiourea yang memadai ($IE \geq 90\%$) untuk pengendalian korosi baja karbon API 5L X65 dalam HCl 1 M pada suhu 45 °C dan waktu pemaparan 24 jam adalah 500 ppm.

Daftar Pustaka

- [1] Ika Marcelina Sari Dewi, Imam Rochani, & Heri Supomo. 2012. Studi Perbandingan Laju Korosi dengan Variasi Cacat Coating pada Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi NaCl. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] P. R. Roberge. 2000. *Handbook Of Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw-Hill. p.855.
- [3] Noor Khadidjah M. K., Adibatul Khusna Fadzil, Karimah Kassim, Shadatul Hanom Rashid, dan Mohd Sufri Mastuli. 2014. Synthesis, Characterization and Corrosion Inhibition Studies of o,m,p-Decanoyl Thiourea Derivatives on Mild Steel in 0.1 M H₂SO₄ Solutions. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 18(1): 21-27.
- [4] V. K. Rajapriya, Uma, S. Rekha. 2015. Corrosion Inhibition and Adsorption Behaviour of Thiourea and 3-Mercapto Propionic Acid on Mild Steel in Methane Sulphonic Medium. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*: 27-30.
- [5] Ben Hmamou, R. Salghi, A. Zarrouk, B. Hammouti, S.S. Al-Deyab, H. Zarrok, A. Chakir, L. Bammou, Lh. Bazzi. 2012. Corrosion Inhibition of Steel in 1 M Hydrochloric Acid Medium by *Chamomile Essential Oils*. *Int. J. Electrochem. Sci.*. 7: 2361 – 2373.
- [6] H. R. Sokry, Shah, E. M. Mabrouk. 2013. Corrosion Monitoring of Sabc Iron in Hydrochloric Acid Solutions using some Azo Compounds – Molecular Dynamics, Chemical and Electrochemical Studies. *Journal of Advances in Chemistry*. 5(2): 702-718.

- [7] I. Singh. 1993. Inhibition of Steel Corrosion by Thiourea Derivatives. *Corrosion*. 49(6): 473 – 478.
- [8] Oguzie, E. E., S. G. Wang, F. H. Wang, 2009. Influence of Iron Microstructure on Corrosion Inhibitor Performance in Acidic Media. *J. Phys. Chem. C*. 113: 8420–8429.
- [9] Ateya, B. G., B. E. El-Anadouli, F. M. El-Nizami. The Effect of Thiourea on The Corrosion Kinetics of Mild Steel in H_2SO_4 . *Corrosion Science*. 24(6): 497-507.
- [10] P. Yatiman, N. M. Surdia, S. Purwadaria, dan B. Ariwahjoedi. 2006. Inhibisi Korosi Baja Karbon dalam Larutan Natrium Klorida oleh Beberapa Senyawa Organik. *Jurnal Teknologi Industri*. X(3): 231-240.
- [11] Bunbun Bundjali, N. M. Surdia, Oei Ban Liang dan Bambang Ariwahjoedi. 2006. Pelarutan Besi Selektif pada Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Natrium Bikarbonat – CO_2 Jenuh. *Proc. ITB Sains & Tek*. 38 A(2). p.149 – 161.
- [12] Peigen Cao, Jianlin Yao, Bin Ren, Renao Gu, Zhongqun Tian. 2002. Surface-Enhanced Raman Scattering Spectra of Thiourea Adsorbed at an Iron Electrode in $NaClO_4$ Solution. *J. Phys. Chem. B*. 106: 10150-10156.
- [13] Geetha M. B., K. Madhavan, S. Rajendran. 2013. Corrosion Inhibition of Mild Steel in Sulphuric acid medium by Thio Urea – Zn^{2+} system. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2(8): 2265-2270.

Artikel ini telah disetujui untuk diterbitkan oleh Pembimbing pada tanggal

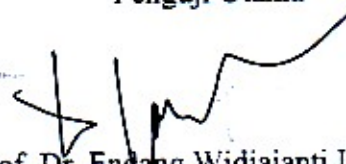
Pembimbing



Dr. P. Yatiman
NIP. 19510509 1977 031001

Artikel ini telah direview oleh Penguji Utama pada tanggal

Penguji Utama



Prof. Dr. Endang Widjajanti LFX
NIP. 19621205 198601 2 001