

INHIBISI KOROSI BAJA KARBON RENDAH C-Mn STEEL OLEH EKSTRAK DAUN TEH (*Camellia sinensis*) DALAM MEDIUM KOROSIF

Marlina S. Pakpahan, Ediman Ginting, dan Suprihatin

Jurusan Fisika FMIPA Unila,
Jl. Sumantri Brojonegoro 1, Bandar Lampung 35144.
E-mail: marlinapakpahan44@yahoo.co.id

Diterima (22 Juni 2015), direvisi (24 Juni 2015)

Abstract. Corrosion inhibition of low carbon C-Mn steel by tea leaves extract (*Camellia Sinensis*) in corrosive medium of hydrochloride acid and natrium chloride of 3% has been investigated. The test was carried out by weight loss method. Corrosion rate was tested on low carbon steel with and without the tea leaves extract for 4 days with concentration of 10, 15, and 20%. The research result showed that the more percentage of tea leaves inhibitor extract, the lower corrosion rate so that capability of inhibition will increase. The biggest inhibition efficiency corrosion occurred at concentrations of 20% in HCl and NaCl with efficiency of 66,03% and 32,89% respectively. The X-Ray Diffraction (XRD) result showed that the phase was Fe. Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the grain size and cluster is bigger, hole and crack also shows is lower of with inhibitor than without inhibitor. Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) showed that there is Cl element on sampel without inhibitor.

Key words. *Camellia sinensis* extract, C-Mn steel, corrosion inhibition, SEM-EDS, XRD.

Abstrak. Telah dilakukan penelitian mengenai inhibisi korosi baja karbon rendah C-Mn steel oleh ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) dalam medium korosif HCl dan NaCl dengan konsentrasi masing-masing 3%. Pengujian dilakukan dengan metode penurunan berat. Laju korosi diuji pada baja karbon rendah tanpa dan dengan inhibitor ekstrak daun teh selama 4 hari dengan konsentrasi 10%, 15%, dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar persentase inhibitor ekstrak daun teh yang digunakan maka laju korosi akan semakin berkurang dan kemampuan menginhibisi korosi akan meningkat. Efisiensi korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 20% baik untuk HCl maupun NaCl dengan efisiensi masing-masing adalah 66,03% dan 32,89%. Hasil karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni. Karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) memperlihatkan cluster (gumpalan) tidak merata dan ukuran lebih kecil, lubang (*hole*), dan retakan (*crack*) juga lebih sedikit dengan inhibitor dibandingkan tanpa inhibitor ekstrak daun teh. Hasil karakterisasi Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) pada sampel tanpa inhibitor didapatkan unsur Cl.

Kata kunci: C-Mn steel, ekstrak *Camellia sinensis*, Inhibisi korosi, SEM-EDS, XRD.

PENDAHULUAN

Baja atau besi banyak digunakan di masyarakat, mulai dari peralatan rumah tangga, sekolah, gedung, mobil, motor, dan lain-lain. Tidak hanya dalam masyarakat, penggunaan baja atau besi

dalam suatu industri memegang peranan penting. Alat dan mesin serta instalasi dalam industri hampir 90% berasal dari bahan logam. Akan tetapi logam memiliki kelemahan, yaitu mudah terkorosi, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan produksi pada komponen

industri (Budianto dkk, 2009).

Kata korosi berasal dari bahasa latin, yaitu *corrodere* yang artinya perusakan logam atau berkarat (Supardi, 1997). Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam, akibat terjadinya reaksi logam tersebut dengan lingkungannya. Oleh karena itu, bahan-bahan yang terbuat dari logam atau paduannya dapat mengalami kerusakan akibat terserang korosi (Pattireuw dkk, 2013). Karena korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal, dan lain sebagainya (Rieger, 1992), sehingga dibutuhkan suatu metode untuk menghambat korosi.

Sejauh ini, penambahan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi karena dalam penggunaannya memerlukan biaya relatif murah dan prosesnya sederhana (Ilim dan Hermawan, 2008). Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik (Aidil dan Shams, 1972). Inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya (Haryono dan Sugiarto, 2010). Penggunaan inhibitor dari senyawa anorganik seperti nitrit (NO_2), kromat (CrO_4), fosfat (PO_4) telah banyak digunakan. Tetapi penggunaan inhibitor tersebut tidak ramah lingkungan (Ameer dkk, 2000), sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan inhibitor korosi yang ramah lingkungan.

Inhibitor organik, yaitu inhibitor berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin. Tanin merupakan zat kimia yang terdapat pada daun, akar, kulit, buah, dan batang tumbuhan (Haryati, 2008). Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus mengandung

atom N, O, P, S dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas yang dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam (Ilim dan Hermawan, 2008). Jenis tumbuhan yang mengandung tanin pada bagian daunnya adalah teh (*Camellia sinensis*) dengan kandungan tanin 17.68% (Tim Peneliti dan Pengembangan industri, 2013).

Pada penelitian ini baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang dipakai pada industri penghasil minyak bumi dan gas yaitu C-Mn steel. Selanjutnya, C-Mn steel direndam dalam larutan ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) dengan konsentrasi 0%, 10%, 15%, 20% dengan penambahan larutan HCl 3% dan NaCl 3%. Penelitian ini bertujuan untuk melihat laju korosi pada C-Mn steel dalam medium korosi HCl dan NaCl tanpa dan dengan inhibitor 10%, 15%, dan 20% (lama perendaman 4 hari). Sampel baja hasil korosi dikarakterisasi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat struktur mikro, XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat fasa pada baja, dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat produk-produk korosi yang terjadi dan menentukan laju korosi menggunakan metode penurunan berat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan daun teh segar sebanyak 3500 gram dan dikeringkan dalam suhu kamar selama 20 hari untuk menghilangkan kadar air, kemudian dihaluskan dan diekstraksi dengan etanol 70%. Hasil ekstraksi disaring dan filtrat diuapkan menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 50°C hingga menghasilkan ekstrak pekat. Selanjutnya baja yang sudah dipotong dengan ukuran 20 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 5 mm dibersihkan dan ditimbang. Setelah itu,

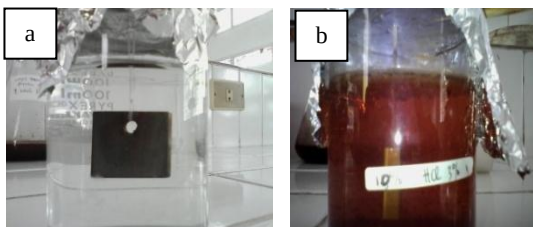
masuk dalam tahap pembuatan medium korosif HCl dan NaCl dengan konsentrasi 3%. HCl yang digunakan 40,54 ml ditambah aquades sebanyak 459,46 ml. Hal ini dikarenakan medium korosi dibuat dalam 500 ml. Selanjutnya, pembuatan larutan NaCl dengan konsentrasi 3%, yaitu 15 gram NaCl ditambahkan dengan aquades sampai volume 500 ml. Larutan dibuat untuk mempermudah pekerjaan, dan pada pengujian larutan digunakan sebanyak 100 ml untuk setiap sampel.

Setelah semuanya tersedia, maka masuk dalam tahap perendaman. Pada tahap ini baja yang sudah ditimbang dimasukkan dalam medium korosif HCl dan NaCl 3% tanpa dan dengan inhibitor 10%, 15% dan 20%. Jadi, ada 8 sampel pengujian. Perendaman sampel ditunjukkan pada **Gambar 1**.

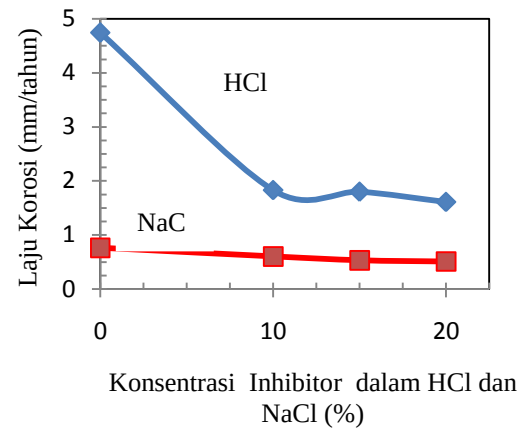
Setelah direndam selama 4 hari, sampel ditimbang kembali dan dilakukan karakterisasi XRD, SEM-EDS dan perhitungan laju korosi dengan rumus:

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \dots\dots\dots (1)$$

dimana: CR = Laju korosi (mm/tahun)
 K = Konstanta laju korosi
 (8,76.10⁴)
 W = Selisih massa (gram)
 T = Waktu perendaman (jam)
 A = Luas permukaan (cm²)
 ρ = Massa jenis (gram/cm³)



Gambar 1. Perendaman sampel (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor



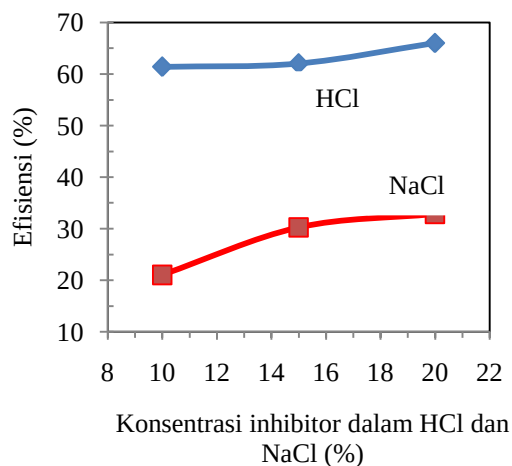
Gambar 2. Laju korosi C-Mn steel dengan konsentrasi inhibitor dalam medium korosif HCl dan NaCl

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Laju Korosi

Hasil perhitungan laju korosi baja C-Mn steel dalam lingkungan HCl 3% dan NaCl 3% tanpa dan dengan inhibitor ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) pada perendaman selama 4 hari ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) yang digunakan, maka semakin rendah laju korosinya, baik dalam larutan HCl maupun NaCl. Hal ini terjadi karena daun teh mengandung tanin yang berikatan dengan besi sehingga terbentuk proteksi untuk melindungi baja dari korosi. Dengan bertambahnya konsentrasi tanin akan menggeser nilai laju korosi ke arah yang lebih rendah. Berdasarkan perhitungan diperoleh laju korosi dalam lingkungan HCl tanpa dan dengan inhibitor 10%, 15%, dan 20% masing-masing sebesar 4,74 mm/tahun, 1,83 mm/tahun, 1,80 mm/tahun, dan 1,61 mm/tahun, sedangkan laju korosi dalam lingkungan NaCl tanpa dan dengan inhibitor 10%, 15%, dan 20% masing-masing sebesar 0,76 mm/tahun, 0,60 mm/tahun, 0,53 mm/tahun, dan 0,51 mm/tahun. Penelitian terkait yang dilakukan oleh Loto (2011) dan Fouda dkk



Gambar 3. Hubungan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibitor ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*)

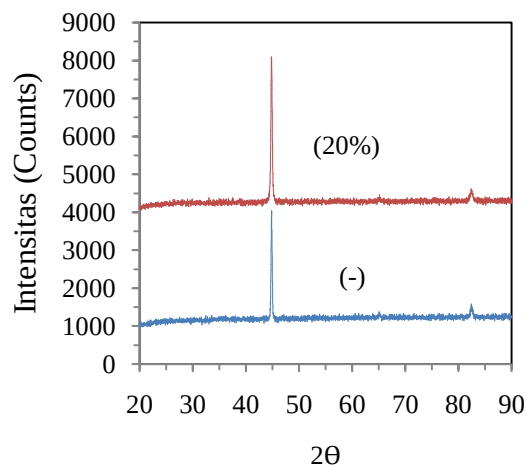
(2012) memperkuat hasil penelitian yang melaporkan bahwa inhibitor daun teh (*Camellia sinensis*) mampu menurunkan laju korosi pada baja, semakin tinggi kadar inhibitor daun teh yang digunakan maka akan semakin rendah laju korosinya.

Selanjutnya grafik hubungan antara konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) dengan efisiensi disajikan dalam **Gambar 3**.

Semakin besar konsentrasi inhibitor yang digunakan maka akan semakin besar pula efisiensinya dan kemampuan untuk menghambat korosi juga besar (Sari dkk, 2013). Efisiensi inhibisi pada lingkungan HCl dan NaCl dengan konsentrasi inhibitor 10%, 15%, dan 20% masing-masing sebesar 61,39%, 62,02%, dan 66,03% untuk HCl dan 21,05%, 30,26%, dan 32,89% untuk NaCl. Efisiensi terbesar pada lingkungan HCl dan NaCl adalah saat konsentrasi 20% dimana masing-masing mencapai efisiensi 66,03% dan 32,89%.

Analisis XRD (X-Ray Diffraction)

Berdasarkan hasil penelitian kedua sampel yang telah diuji dicocokkan dengan PCPDFWIN versi 1.3 JCPSD-



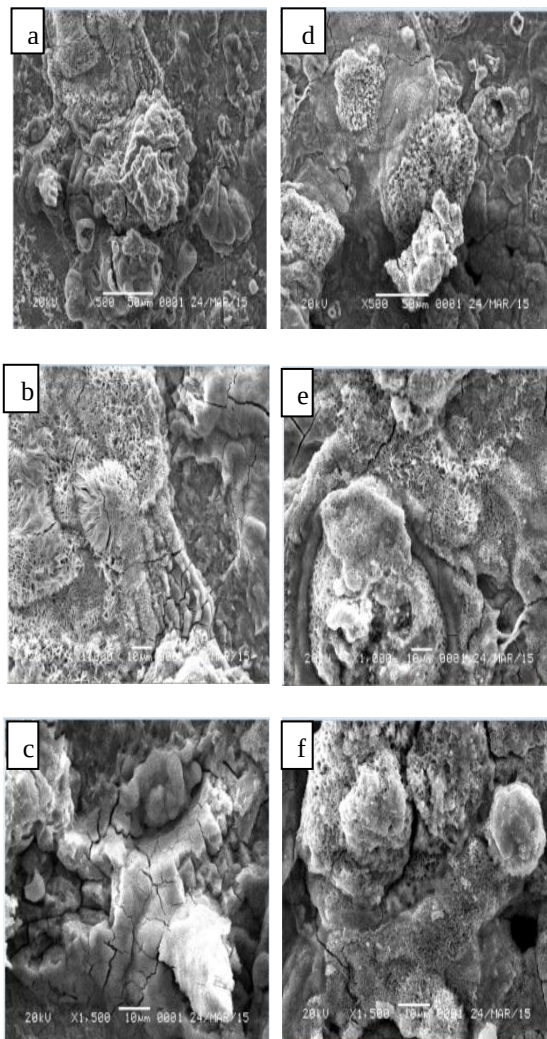
Gambar 4. Difragtogram tanpa (-) dan dengan inhibitor 20%

ICOD 1997 dengan nomor 06-0696 menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk merupakan Fe murni dengan bidang 110, 200, dan 211 dengan simbol *space group* Im3m (229) dimana parameter sel $a=b=c=2.866$, sudut kisinya $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Hal ini mengindikasikan bahwa fasa Fe memiliki struktur kristal BCC (*Body Center Cubic*). Difragtogram hasil XRD ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Analisis SEM-EDS

Hasil analisis SEM pada kedua sampel pada perbesaran 500x, 1000x, dan 1.500x ditunjukkan pada **Gambar 5**. Pada perbesaran 500x, terlihat dengan jelas adanya gumpalan (*cluster*) dengan ukuran yang bervariasi tersebar hampir pada semua permukaannya. Pada perbesaran 500x seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5(a)** dan **5(d)** bahwa *cluster* terbentuk pada kedua sampel tetapi pada sampel tanpa inhibitor *cluster* yang terbentuk lebih banyak, dan hampir merata pada permukaannya serta ukurannya terlihat lebih besar dibandingkan dengan sampel dengan inhibitor. Pada perbesaran 1000x seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5(b)** dan **5(e)**, *hole* (lubang) yang terbentuk pada sampel tanpa inhibitor hampir terlihat merata pada permukaannya dan ukuran lubangnya juga sudah masuk

dalam kategori besar sedangkan dengan inhibitor *hole* pada permukaannya belum merata/ homogen karena masih ada permukaan yang tidak terbentuk *hole*. Ukuran *hole* yang terbentuk pada sampel dengan inhibitor lebih kecil dibandingkan dengan sampel tanpa inhibitor. Hal ini terlihat pada **Gambar 5(e)** yang masih ada *hole* berupa titik yang mengindikasikan bahwa *hole* masih sangat kecil.

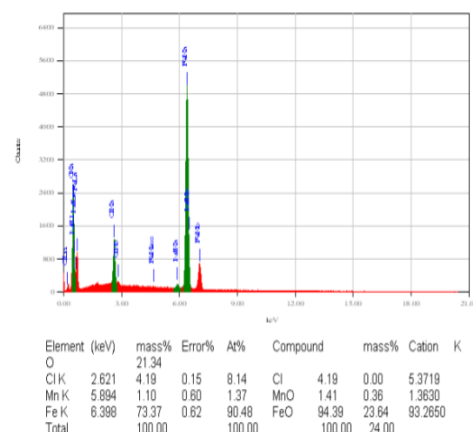


Gambar 5. Hasil SEM C-Mn tanpa inhibitor (a) perbesaran 500x, (b) perbesaran 1000x, (c) perbesaran 1.500x; dan dengan inhibitor 20% (d) perbesaran 500x, (e) perbesaran 100x, (f) perbesaran 1.500x

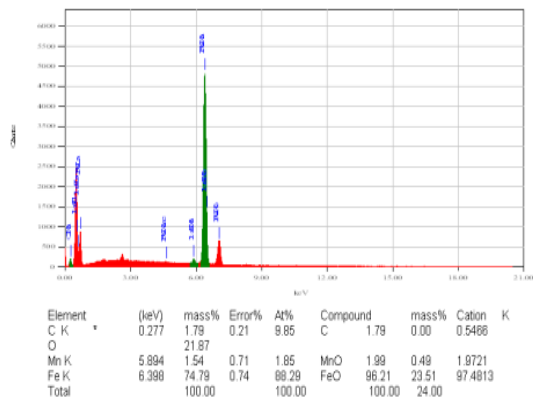
Dan yang terakhir adalah perbandingan pada perbesaran 1.500x dimana terlihat retakan yang terjadi pada kedua sampel

yaitu **Gambar 5(c)** dan 5(f). Dari kedua gambar ini terlihat bahwa sampel tanpa inhibitor atau **Gambar 5(c)** memiliki retakan yang lebih banyak, berbeda dengan sampel dengan inhibitor atau **Gambar 5(f)** *crack* masih sangat sedikit. Retakan (*crack*) dan lubang (*hole*) merupakan faktor utama penyebab terjadinya korosi, karena keduanya adalah jalan masuk untuk oksigen.

Uji EDS dilakukan untuk melihat produk korosi yang tidak dapat dideteksi pada uji XRD. Hasil uji EDS pada sampel tanpa menggunakan inhibitor pada perbesaran 1000x ditunjukkan pada **Gambar 6**. Berdasarkan hasil EDS, persentasi unsur terbesar adalah Fe sebanyak 73,37% (karena unsur utama dari baja merupakan Fe), kemudian Mn dengan persentasi 1,10% (karena unsur pendukung dari logam C-Mn merupakan unsure mangan (Mn)). Selanjutnya ada oksigen (O) dan klorida (Cl) dengan persentasi masing-masing adalah 21,34% dan 4,19%, keduanya merupakan unsur yang masuk ke dalam besi karena penambahan asam klorida (HCl) dan air (H₂O). Terdeteksinya unsur Cl dan O menunjukkan telah terjadi korosi pada logam ini. Hasil uji EDS Pada sampel tanpa menggunakan inhibitor pada perbesaran 100x ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 6. EDS sampel tanpa inhibitor dengan perbesaran 1000x



Gambar 7. EDS sampel dengan inhibitor 20% pada perbesaran 1000x

Berdasarkan hasil EDS, persentasi unsur terbesar adalah Fe sebanyak 74,79% (karena unsur utama dari baja merupakan Fe), kemudian Mn dengan persentasi 1,54% selanjutnya C dengan persentasi 1,79% (karena unsur pendukung dari logam C-Mn adalah Mn dan C. Selanjutnya ada O dengan persentasi 21,87%, yang terbentuk dari H₂O ketika dimasukkan ke dalam sampel saat perendaman. Oleh karena itu, logam ini dipastikan telah terkorosi karena kehadiran oksigen dalam logam C-Mn.

KESIMPULAN

Semakin besar persentasi inhibitor ekstrak daun teh yang digunakan maka laju korosi akan semakin berkurang dan efisiensi akan semakin meningkat. Efisiensi terbesar terdapat pada C-Mn steel dengan inhibitor 20% baik pada HCl dan NaCl dengan efisiensi masing-masing 66,03% dan 32,89%.

Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni dengan bidang 110, 200, dan 211 dengan struktur kristal BCC. Dari hasil karakterisasi SEM memperlihatkan *cluster* (gumpulan) tidak merata dan ukuran lebih kecil, lubang (*hole*) dan retakan (*crack*) lebih sedikit

dengan inhibitor dibandingkan tanpa inhibitor ekstrak daun teh. Hasil karakterisasi EDS pada sampel tanpa inhibitor didapatkan unsur Cl mengindikasikan logam sudah terkontaminasi akibat interaksi antara asam klorida dengan sampel, sehingga laju korosi lebih tinggi. Dari ketiga analisis yang digunakan maka, Inhibitor ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) efektif dalam menghambat korosi pada logam C-Mn.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidil, E., and Shams, A. M. 1972. Corrosion Inhibition by Naturally Occurring substance-I. The Effect of Hibiscus Subdariffa (Karkade) Extract on the Dissolution of Al and Zn. *Corrosion Science*. Vol. 12. P. 897-904.
- Ameer, M. A., Khamis, E., dan Al-Senani, G. 2000. Effect of Thiosemicarbozones on Corrosion of Steel of Phoporic Acid Produced by Wet Process: Ads. *Science Technologies*. Vol. 2. P. 127-138.
- Budianto, A., Purwantini, K., dan Sujitno, B. A. T. 2009. Pengamatan Struktur Mikro pada Korosi antar Butir dari material Baja Tahan Karat Austenitik setelah Mengalami Proses Pemanasan. *JFN*. Vol. 107-129.
- Fouda, A. S., H. Tawfik and A. H. Badr. Corrosion inhibition of mild steel by *Camellia sinensis* extract as green inhibitor. *Advance in material and corrosion*. Vol. 1. P. 1-7.

- Haryati, 2008. *Potensi dan Peluang Tanaman Obat*. Erlangga: Jakarta.
- Haryono, G., dan Sugiarto, B. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. FTI UPN Veteran: Yogyakarta.
- Ilim dan Hermawan, B. 2008. Study Penggunaan Ekstrak Buah Lada, Buah Pinang dan Daun Teh Sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan Yang Jenuh Gas CO₂. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*. Universitas Lampung, 17-18 November 2008. P. 257-266.
- Loto, C. A. 2011. Inhibition Effect of Tea (*Camellia sinensis*) Extract on the Corrosion of Mild Steel in Dilute Sulphuric Acid. *Journal material and environment science*. Vol. 4. P. 335-344.
- Pattireuw, K. J., Rauf, F. A., dan Lumintang, R. 2013. Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan H₂SO₄. *Jurnal teknik USR*. Vol. 5. P. 1-10.
- Rieger, H. P. 1992. *Electrochemistry, Second Edition*. Chapman and Hall Inc, New York. P. 412-421.
- Sari, D. M., Handani, S., dan Yetri, Y. 2013. Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia Sinensis*). *Jurnal Fisika Unand* . Vol. 2. P. 204-211.
- Supardi, R. 1997. *Korosi Edisi Pertama*. Tarsito, Bandung.
- Tim Penelitian dan Pengembangan Industri, 2013. Kandungan Senyawa Kimia pada Daun Teh (*Camellia Sinensis*). *Warta penelitian dan pengembangan industri*. Vol. 19. P. 12-16.