

## PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK KULIT BUAH JERUK DAN KULIT BUAH MANGGA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA KARBON DALAM MEDIA NaCl 3,5%

**Tubagus Noor R., Sari Kusuma W., Agung Purniawan,  
Budi Agung K. dan Sulistijono**

*Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri - ITS  
Jalan Arif Rahman Hakim Sukolilo Surabaya, 60111  
E-mail: roma\_r2001@yahoo.com*

*Diterima: 05 Januari 2015*

*Diperbaiki: 02 Februari 2015*

*Disetujui: 27 Februari 2015*

### ABSTRAK

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK KULIT BUAH JERUK DAN KULIT BUAH MANGGA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA KARBON DALAM MEDIA NaCl 3,5%.** Penanggulangan korosi didalam pipa, salah satunya menggunakan suatu senyawa yang dinamakan inhibitor korosi. Pada penelitian ini digunakan pipa API 5L Gr B dalam media NaCl 3,50% dengan pemberian inhibitor ekstrak kulit jeruk (*Citrus*) dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 370 ppm and 400 ppm dan kulit mangga (*Mangifera indica L*) dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm dan 600 ppm. Metode ekstrak menggunakan proses maserasi dan komposisi senyawa ekstrak diuji dengan alat uji *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)*. Perhitungan laju korosi menggunakan alat uji *Potentiodynamic Polarization*. Mekanisme inhibisi diamati dengan menggunakan *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*. Hasil uji komposisi menunjukkan adanya kandungan asam 12-bromolauric 8,14% dan asam hexadecanoic 4,30% yang dapat membentuk lapisan tipis pada permukaan logam. Pengujian tanpa menggunakan inhibitor didapatkan laju korosi sebesar 8,20 mpy sedangkan dengan variabel konsentrasi inhibitor ekstrak kulit jeruk 400 ppm didapatkan laju korosi sebesar 0,60 mpy dan untuk kulit mangga konsentrasi 600 ppm didapatkan laju korosi sebesar 1,0 mpy. Kesimpulan yang didapatkan dari percobaan ini adalah penambahan inhibitor alami dapat menurunkan laju korosi pada baja karbon.

**Kata kunci:** Inhibitor alami, Laju korosi, API 5L Gr B

### ABSTRACT

**EFFECTS OF CONCENTRATION OF ORANGE AND MANGO RINDS EXTRACTS AS CORROSION INHIBITORS ON CARBON STEEL IN 3.5% NaCl WATER.** Corrosion rate on API 5L Gr B carbon steel pipes in 3.50% NaCl media at various concentrations of orange rinds extracts were at 0, 100, 200, 300, 370 and 400 ppm, while those of mango rinds were at 0, 200, 300, 400, 500, and 600 ppm. Extraction methods performed by maceration process to obtain the extraction. The rinds extraction was tested by using *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)*. Corrosion rates were calculated by *Potentiodynamic Polarization* and *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)* method. *Gas chromatography* test shows that the orange rinds extract contains 12-Bromolauric acid 8.14% and hexadecanoic acid 4.30%, which is a fatty acid that can form a hydrophobic layer on the metal surface. Without using corrosion inhibitor, potentiodynamic polarization indicate 8.20 mpy of corrosion rate. Surprisingly enough, the addition of green inhibitor from orange rinds extract of 400 ppm and mango rinds extract of 600 ppm exhibit 0.60 mpy and 1.0 mpy of corrosion rate, respectively. In general, addition of this green inhibitors gives significant effect on the reduction of corrosion rate for carbon steels.

**Keywords:** Green inhibitor, Corrosion rate, API 5L Gr B

## PENDAHULUAN

Salah satu cara menghambat korosi adalah dengan penambahan inhibitor. Inhibitor adalah suatu senyawa kimia yang dalam jumlah kecil tetapi mampu menghambat reaksi korosi logam baja dengan lingkungannya [1]. Dapat juga dikatakan bahwa inhibitor membentuk lapisan protektif di permukaan logam dengan reaksi antara larutan dan permukaan logam. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang efektif untuk mencegah korosi, karena prosesnya yang sederhana dan biaya yang murah [2]. Senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor mengandung oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor dan senyawa ikatan rangkap [3]. Pada umumnya semakin besar konsentrasi inhibitor, maka semakin efektif dalam menurunkan korosi logam [4].

Senyawa kimia sintetis untuk inhibitor seperti asam stearat dan imidazolin stearat yang di teliti oleh Xiuyu Liu et.al. merupakan inhibitor yang cukup baik untuk mengurangi laju korosi pada besi dalam larutan asam klorida [5]. Namun demikian, pada kenyataannya bahan kimia sintetis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya cukup mahal, dan tidak ramah lingkungan. Untuk itu diperlukan adanya inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan. Hal ini bisa diwujudkan dengan melakukan penelitian terhadap bahan-bahan alam yang pada umumnya bersifat ramah lingkungan untuk digunakan sebagai inhibitor. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bahan alam dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi logam. Bagian tanaman yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi diantaranya terdapat pada bagian daun, biji, kulit atau kombinasi biji dan daun. Proses ekstrak bahan alam ini dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti maserasi, infundasi, digesti, perkolasi dan sokletasi [6].

Daun belimbing wuluh yang diteliti oleh Putri, dkk. merupakan salah satu tanaman yang digunakan sebagai inhibitor alami. Daun ini memiliki kandungan aktif yang dapat menstabilkan ion pada permukaan kawat logam dan membentuk lapisan pasif [7]. Wan Nik, dkk. menyatakan bahwa bahan alam mempunyai kandungan selain lemak yang dapat menghambat laju korosi, yaitu seperti senyawa protein, saponin, tanin dan alkaloid [8]. Senyawa-senyawa kompleks tersebut berfungsi sebagai penghalang serangan ion-ion korosif ke permukaan logam [9]. Beberapa bahan alam yang memiliki senyawa tersebut diantaranya kulit jeruk dan kulit mangga. Selain itu, kulit jeruk dan mangga merupakan bahan alam yang mudah didapat dan relatif murah sehingga berpotensi untuk diproduksi secara massal. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa perilaku inhibisi korosi dilakukan pada media asam. Hal ini disebabkan pada media asam tersebut logam lebih mudah terkorosi jika dibandingkan pada media alkali/basa. Selain itu, proses inhibisi yang bersifat dua arah menuntut adanya suatu

konsentrasi minimum dari inhibitor sehingga pelapisan permukaan logam tetap terjaga [10].

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai ekstrak terhadap bahan-bahan alam sebagai inhibitor. Pada penelitian ini dilakukan ekstrak terhadap bahan alam kulit jeruk dan mangga sebagai penghambat laju korosi pada baja karbon API 5L Gr B dalam media air laut buatan. Latar belakang pemilihan kulit jeruk dan mangga adalah karena kulit jeruk mengandung minyak essensial, pigmen karotenoid, senyawa steroid, senyawa selulosa, hemiselulosa, lignin, pektat, dan fenolik yang memiliki kandungan zat antioksidan yang tinggi. Sedangkan kulit mangga merupakan antioksidan yang baik karena mengandung *flavonoid, polyphenols, antosianin, dan carotenoids, O- Flavonol dan C- glikosida xanton*. Selain itu, belum diteliti secara mendalam dalam kaitannya dengan inhibitor.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pada sistem perpipaan minyak dan gas industri khususnya di Indonesia.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan dan Alat

Baja karbon API 5L Gr B digunakan untuk uji korosi. Sedangkan untuk larutan digunakan NaCl sebanyak 35 gram kedalam 1000 mL *aquades*. Sebagai inhibitor digunakan ekstrak kulit buah jeruk dan mangga yang diproses dengan menggunakan metode maserasi.

Pengujian kandungan senyawa inhibitor menggunakan alat GCMS *Hewlett Packard Series II*. Pada pengujian ini dilarutkan campuran ekstrak kulit Jeruk atau mangga dengan acetone. Larutan tersebut diinjeksikan melalui *heated injection port* yang telah dipanaskan terlebih dahulu selama  $\pm 4$  jam. Temperatur awal proses ini adalah sebesar 80 °C dengan *peak ratenya* 10 °C/s. Sedangkan temperatur akhir proses ini adalah sebesar 220 °C. Ekstrak kulit jeruk atau mangga akan diuapkan. Uap tersebut ditangkap oleh detektor sehingga menghasilkan grafik kandungan senyawa.

Pengujian laju korosi menggunakan alat *Potentiodynamic Polarization jenis VersaStat 4* yang dilengkapi *software VersaStudio* program kurva Tafel. Untuk menentukan nilai laju korosi menggunakan Persamaan (1) [11]:

$$CR = K \frac{a \times I_{corr}}{n \times D} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- $C_r$  = Corrosion Rate
- K = Konstanta (0,13 untuk *mpy*)
- a = Berat atom (55,85)
- $I_{cor}$  = Rapat arus korosi ( $\mu A/cm^2$ )
- n = Jumlah elektron (2)
- D = Berat jenis ( $gram/cm^3$ )

Efisiensi inhibitor didapatkan dengan menggunakan Persamaan (2):

$$\%IE = \frac{CR_0 - CR}{CR_0} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- %IE = Efisiensi inhibitor dalam %
- $C_{R_0}$  = Laju korosi tanpa inhibitor
- $C_R$  = Laju korosi dengan inhibitor

Untuk mengetahui mekanisme inhibisi yang terjadi, dilakukan pengujian menggunakan alat *Potentiodynamic Polarization* jenis *VersaStat 4* yang dilengkapi *software VersaStudio* program EIS.

### Cara Kerja

Baja karbon API 5L Gr.B dipotong menjadi bentuk persegi dengan ukuran panjang x lebar x tebal adalah 10 x 10 x 5 mm. Hasil potongan tersebut dihaluskan dengan proses *grinding* dan *polishing*.

Kulit jeruk dan mangga dipotong kecil lalu dikeringkan. Setelah kering, dihancurkan sehingga menjadi serbuk. Serbuk tersebut diekstraksi dengan metode maserasi yaitu dengan merendam ke dalam larutan yang bersisi campuran aseton dan *aquadest* dengan perbandingan 70 : 30, selama 24 jam lalu disaring. Hasil penyaringan dipekatkan dengan menggunakan *rotary evaporator* sehingga didapatkan ekstrak kulit jeruk dan mangga sebagai *green inhibitor*.

Setelah itu sebanyak 1 L NaCl 3,5% dicampurkan dengan berbagai konsentrasi ekstrak kulit jeruk atau mangga. Larutan tersebut dinamakan larutan uji. Untuk ekstrak kulit jeruk sebesar 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 370 ppm, dan 400 ppm sedangkan untuk ekstrak kulit mangga sebesar 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm dan 600 ppm.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil *Gas Chromatografi-Mass Spectroscopy* tersebut didapat 5 kandungan senyawa terbesar dalam ekstrak kulit jeruk sebagai *green inhibitor* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Kandungan senyawa dalam ekstrak kulit buah jeruk sebagai inhibitor korosi adalah *12-Bromolauric acid* dan *hexadecanoic acid (palmitic)*. Kedua senyawa tersebut merupakan asam lemak yang bersifat hidrofobik

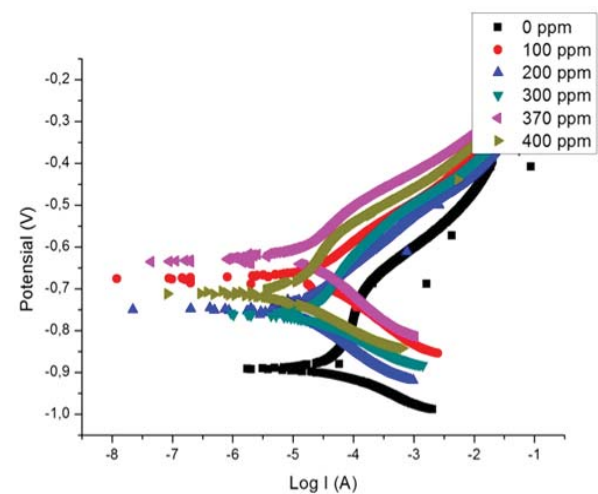
Tabel 1. Kandungan senyawa ekstrak kulit buah jeruk.

No	No. Peak	Area (%)	Nama Senyawa
1	112	8,14	12-Bromolauric acid
2	98	4,30	Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic
3	97	3,19	Isoxazolidine, 4-ethyl-2,5-dimethyl
4	111	2,99	2,5,10-Undecatrienoic acid, methyl
5	13	2,74	3-Bromo-5-bromomethyloxol-3-en-2-on

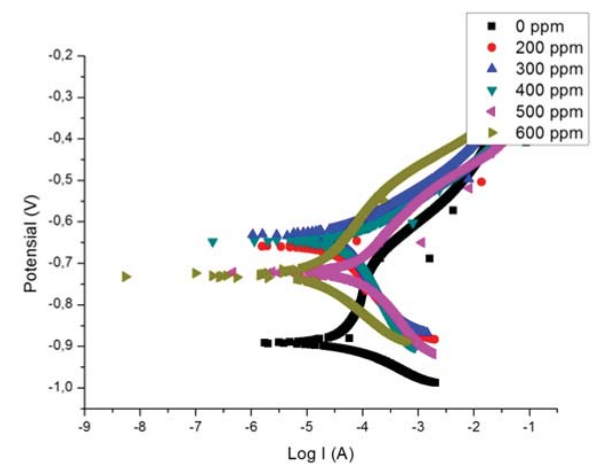
(tidak larut dalam air) yang pada salah satu ujung rantai ikatannya mengandung gugus OH. Molekul-molekul tersebut akan membentuk lapisan tipis pada permukaan logam yang menjadi penghalang pelarutan logam kedalam larutan elektrolit dengan kata lain dapat menghambat korosi pada permukaan logam.

Hasil *GC-MS* juga menunjukkan bahwa ekstrak kulit jeruk mengandung senyawa *Isoxazolidine*. Senyawa tersebut terdiri dari heteroatom (N-O) yang memiliki pasangan elektron bebas. Pasangan elektron bebas berfungsi sebagai ligan yang membentuk lapisan tipis pada permukaan logam. Lapisan ini yang dapat menghambat korosi pada permukaan logam tersebut.

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan peningkatan konsentrasi inhibitor yang ditambahkan cenderung menggeser kurva polarisasi ke kiri. Pergeseran kurva polarisasi ke kiri tersebut menyebabkan nilai  $I_{corr}$  semakin negatif sehingga laju korosinya juga semakin kecil. Hal ini bisa dibuktikan dengan hasil ekstrapolasi kurva tafel yang ditunjukkan oleh Tabel 2 dan Tabel 3.



Gambar 1. Kurva polarisasi potensiostatik inhibitor ekstrak kulit buah jeruk.



Gambar 2. Kurva polarisasi potensiostatik inhibitor ekstrak kulit buah mangga.

**Tabel 2.** Hasil Esktrapolasi kurva tafel untuk ekstrak kulit jeruk.

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	$I_{Corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	Corr Rate (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
0	17,94	8,22	-
100	7,63	3,49	57,50
200	5,53	2,53	69,20
300	4,49	2,05	75,04
370	2,05	0,94	88,55
400	1,26	0,58	92,93

**Tabel 3.** Hasil Esktrapolasi kurva tafel untuk ekstrak kulit mangga.

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	$I_{Corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	Corr Rate (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
0	17,94	8,22	-
200	14,88	6,80	17
300	12,96	5,93	27,80
400	10,30	4,71	42,60
500	6,50	2,97	63,80
600	2,25	1	87,70

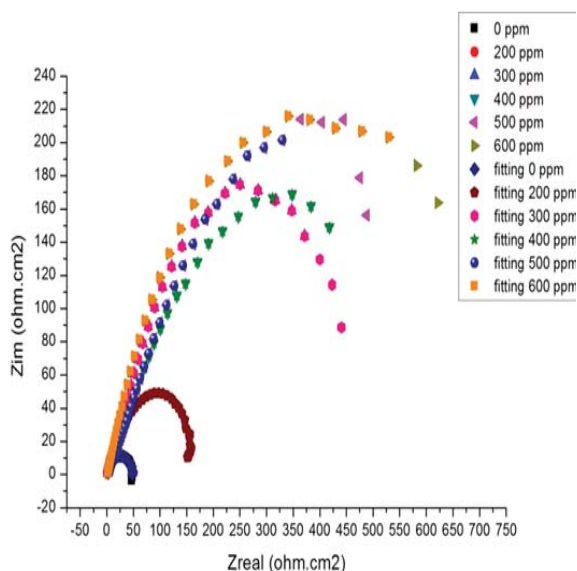
Menurunnya laju korosi disebabkan ekstrak kulit jeruk dan mangga mengandung senyawa antioksidan yang berfungsi memperlambat reaksi oksidasi. Dapat disimpulkan dengan bertambahnya senyawa antioksidan dalam media korosif, maka serangan ion-ion korosif pada permukaan baja akan semakin menurun karena terhalang dengan senyawa antioksidan.

Hasil ekstrapolasi pada Tabel 2 dan Tabel 3 dilakukan dengan menarik garis singgung pada bagian cabang anodik dan katodik yang memiliki kelurusan terbesar. Kedua garis singgung ini kemudian diperpanjang hingga bertemu pada suatu titik. Titik inilah yang menunjukkan  $I_{corr}$  dan  $E_{cor}$  dari spesimen pada larutan tersebut yang kemudian digunakan untuk menghitung laju korosi dan efisiensi.

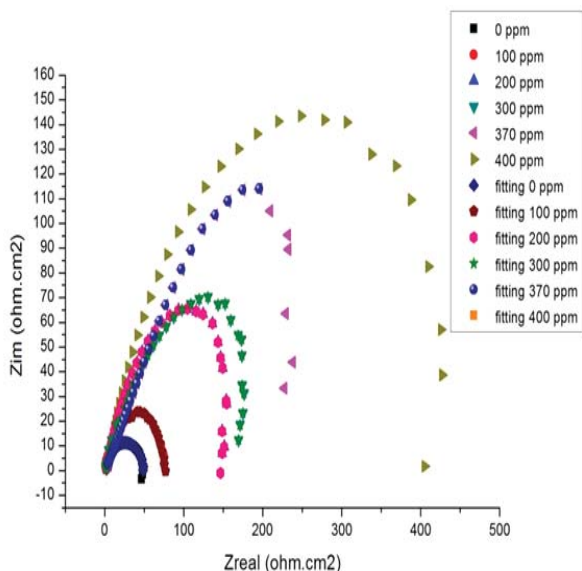
Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor korosi menunjukkan penurunan laju korosi dan peningkatan efisiensi inhibitor secara signifikan. Efisiensi terbesar dengan penambahan inhibitor ekstrak kulit buah jeruk sebesar 92,93% sedangkan dengan penambahan inhibitor ekstrak kulit buah mangga sebesar 87,70%.

Proses inhibisi ditunjukkan melalui hasil fitting dari plot Nyquist seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4. Parameter-parameter elektrokimia dalam EIS untuk mengetahui mekanisme inhibisi suatu material dapat dijelaskan dalam bentuk rangkaian listrik yang disebut *equivalent circuit*. Grafik dari hasil EIS mulanya diekspor ke *software Zview*. Kemudian dilakukan *equivalent circuit* untuk menentukan jenis-jenis impedansi yang terjadi pada saat kapasitor elektrokimia bekerja. *Equivalent circuit* yang dihasilkan dari hasil fitting seperti pada Gambar 5.

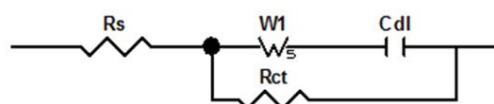
Dalam *equivalent circuit* diperoleh elemen-elemen yang mewakili data percobaan yaitu  $R_s$ ,  $Cdl$ ,  $W1$  dan  $Rct$  yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.



**Gambar 3.** Hasil fitting inhibitor ekstrak kulit buah jeruk.



**Gambar 4.** Hasil fitting inhibitor ekstrak kulit buah mangga.



**Gambar 5.** Equivalent circuit dari plot Nyquist pada *software Zview*.

Antara elektroda *reference* dan elektroda kerja (logam baja) terdapat hambatan yang ditimbulkan oleh larutan ( $R_s$ ). Elektroda kerja akan mengalami proses difusi ke larutan yang dinyatakan dalam impedansi *Warburg*. Pada saat logam baja berinteraksi dengan larutan elektrolit akan terjadi pelarutan atom-atom logam. Kecepatan pelarutan ini dipengaruhi oleh besarnya hambatan larutan yang dinyatakan dengan tahanan transfer muatan ( $R_{ct}$ ).

Tabel 4. Hasil *equivalent circuit* ekstrak kulit buah jeruk.

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Rs ( $\Omega.cm^2$ )	Cdl (F.cm-2)	Rct ( $\Omega.cm^2$ )
0	0,781	0,010	48,640
100	1,076	0,005	72,810
200	1,227	0,001	157,000
300	0,139	0,003	180,700
370	0,972	0,008	412,800
400	0,781	0,010	48,640

Tabel 5. Hasil *equivalent circuit* ekstrak kulit buah mangga.

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Rs ( $\Omega.cm^2$ )	Cdl (F.cm-2)	Rct ( $\Omega.cm^2$ )
0	0,781	0,010	48,640
200	1,137	0,017	168,100
300	0,740	0,011	489,400
400	1,474	0,031	548,900
500	1,240	0,008	586,100
600	1,556	0,010	628,600

Mekanisme inhibisi dengan penambahan inhibitor terjadi akibat adanya adsorpsi. Adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan baja API 5L Gr B akan menghasilkan lapisan pasif yang dapat menghambat laju korosi. Tabel 4 dan 5 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor mengakibatkan nilai Rct semakin besar. Peningkatan nilai Rct tersebut memperlihatkan bahwa hambatan yang disebabkan oleh transfer muatan dari elektrolit ke elektroda kerja semakin besar sehingga dapat menurunkan laju korosi pada permukaan logam.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah bahwa ekstrak kulit jeruk dan kulit mangga dapat menurunkan laju korosi logam API 5L Gr B dalam larutan NaCl. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kandungan asam 12-bromolauric 8,14% dan asam *hexadecanoic* 4,30% yang dapat membentuk lapisan tipis pada permukaan logam. Lapisan tipis ini telah menekan laju korosi sebesar 0,60 *mpy* dan untuk kulit mangga konsentrasi 600 *ppm* didapatkan laju korosi sebesar 1,0 *mpy*, sedangkan sebagai perbandingan pengujian tanpa menggunakan inhibitor didapatkan laju korosi sebesar 8,20 *mpy*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) ITS yang telah mendanai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## DAFTARACUAN

- [1]. Y. Ludiana, dkk. "Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW." *Jurnal Fisika Unand*, vol.1, no.1, Oktober 2012.
- [2]. R. S. Iriyanty, dkk. "Ekstrak Daun Pepaya sebagai Inhibitor Korosi pada Baja AISI 4140 dalam Medium Air Laut." *Jurnal Teknobiologi*, vol. IV, no. 2, pp. 77-82, 2013.
- [3]. M. Erna, dkk. "Karbosimetil Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Media Air Gambut." *Jurnal Matematika & Sains*, vol. 16, no.2, Agustus. 2011.
- [4]. Hussin, *et al.* "The Corrosion Inhibition and Adsorption Behavior of Uncaria Gambir Extract on Mild Steel in 1 M HCl." *Journal Material Chemistry and Physics*, vol. 125, Issue 3, pp. 461-468, 2011.
- [5]. Xiuyu, *et al.* "Studies of protection of Iron Corrosion by Rosin Imidazoline Self-Assembled Monolayers." *Surface & Interface Analysis*, vol.39, pp. 317-323, 2007.
- [6]. Andi, dkk. "Studi Penggunaan Campuran Natural Green Corrosion Inhibitor Piper Betle dan Green Tea untuk Proteksi Korosi Material Baja API 5L X52 di dalam Lingkungan 3,5% NaCl pada Kondisi Turbulen". Disertasi Fakultas Teknik Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia, 2012.
- [7]. Putri, dkk. "Aktivitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai Bahan Inhibitor Korosi pada Kawat Ortodonsi Nikel-Titanium." *Artikel Ilmiah Unej*, 2014.
- [8]. W. Nik, *et al.* "Lawsonia Inermis as Green Inhibitor for Corrosion Protection of Aluminium Alloy." *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, Vol.1, issue. 2, pp. 723-728, 2011.
- [9]. Hermawan S, dkk. "Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao." *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol.1, no.2, hal. 31-33, 2012.
- [10]. Pramana, dkk. "Studi Ekstrak Daun Beluntas Sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan terhadap Baja Karbon di Lingkungan NaCl 3,5%. Thesis, Universitas Indonesia, Jakarta, 2012.
- [11]. Sari, dkk. "Pengendalian Laju Korosi Baja ST-37 dalam Medium Klorida dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh." *Jurnal Fisika Unand*, vol.2, no. 3, 2013.