

# INHIBITOR KOROSI PADA AIR LAUT MENGGUNAKAN EKSTRAK TANIN DARI DAUN GAMBIR DENGAN PELARUT ETANOL-AIR

**Nikita Regina, Rozanna Sri Irianty, Yelmida A**

Laboratorium Konversi Elektrokimia Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

Jl. HR Subrantas Km 12,5 Kampus Binawidya Panam Pekanbaru 28293

Email : [onlymenikita269@gmail.com](mailto:onlymenikita269@gmail.com) Hp : 085264926722

## ABSTRACT

*Corrosion is a destructive process or decreases of metal quality because of the reaction with corrosive environment. One of the methods that able to decrease corrosion rate is by the addition of an inhibitors into corrosive media. Tannin is a component that can be extracted from natural material to be used as an inhibitor. Gambier leaves is one of natural materials which contains of tannin. The purpose of this research is to get the best concentration of inhibitor and inhibition efficiency from extracted gambier leaves by varying the contact time and pH of corrosive media in decreasing corrosion rate. This research was done by extracting tannin from gambier leaves with soxhletation method by using ethanol-water solvent with comparison 1:4 and then evaporated to get the condensed extract of gambier leaves. The research parameters is concentrations of inhibitor(1000, 3000, and 5000) ppm, contact time variation (5, 10, 15, 20) days, and pH (3,6,9) of sea water. Examination is conducted with gravimetric method to calculate weight loss of metal. The result of this research : the best concentration of inhibitor is 5000 ppm, contact time is 20 days and the lowest corrosion rate is 0,000507 gr/cm<sup>2</sup> per day with inhibition efficiency is 60,345% and pH inhibitor variation from extracted gambier leaves is effective in decreasing corrosion rate at pH ±9 of sea water and contact time 20 days with the lowest corrosion rate are 0,000853 gr/cm<sup>2</sup> per day at concentration 1000 ppm, 0,000590 gr/cm<sup>2</sup>.day at concentration 3000 ppm, and 0,000372 gr/cm<sup>2</sup>.day at concentration 5000 ppm.*

**Keyword :** gambier, corrosion, inhibitor, tannin, corrosion rate

## 1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan permasalahan yang cukup serius bagi peralatan perindustrian yang berbahan dasar logam. Terjadinya korosi berpengaruh besar dalam kehidupan, baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Dari segi ekonomi dapat menyebabkan tingginya biaya perawatan, biaya bahan bakar dan energi akibat kebocoran uap serta kerugian

produksi pada suatu industri akibat adanya pekerjaan yang terhenti pada waktu perbaikan bahan yang terserang korosi. Dari segi lingkungan misalnya adanya proses pengkaratan besi yang berasal dari berbagai konstruksi yang dapat mencemarkan lingkungan [Trethewey dan Chamberlain, 1991].

Sejalan dengan menurunnya persediaan air tanah, air laut merupakan alternatif yang dapat

digunakan oleh industri untuk sistem pendingin yang umumnya berbahan dasar logam, sehingga perlu dicari cara untuk menghambat terjadinya proses korosi. Komposisi kimia air laut dapat dilihat pada Tabel 1.

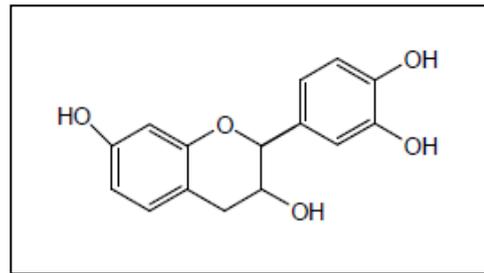
**Tabel 1.** Komposisi Kimia Air Laut

No	Senyawa	Persen Berat (%)
1	NaCl	2,88
2	MgCl <sub>2</sub>	0,32
3	MgSO <sub>4</sub>	0,22
4	CaSO <sub>4</sub>	0,12
5	KCl	0,07
6	NaBr	0,008
7	H <sub>2</sub> O	96,582

Sumber : Haryono [2010]

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi, yaitu, suhu, kecepatan alir fluida, pH larutan, gas dan padatan terlarut dan waktu kontak. Pencegahan korosi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu, pelapisan (*coating*), aliansi logam, proteksi katodik, penambahan inhibitor. Inhibitor adalah senyawa tertentu yang ditambahkan pada larutan elektrolit untuk membatasi korosi logam. Inhibitor terdiri dari anion atom-ganda yang dapat masuk ke permukaan logam, dengan demikian dapat menghasilkan selaput lapisan tunggal yang kaya oksigen [Djaprie,1995].

Kandungan dari ekstrak bahan alam yang dapat digunakan menjadi inhibitor korosi adalah tanin. Senyawa tanin merupakan senyawa polifenol yang dapat membentuk senyawa kompleks yang sulit larut dengan ion logam. Struktur molekul tanin dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur Inti Tanin [Mukhlisoh, W. 2010]

Salah satu bahan alam yang banyak mengandung tanin dan berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi adalah daun gambir. Selain harganya yang murah dan jumlahnya yang berlimpah di Indonesia, banyaknya kandungan tanin pada daun gambir ini membuatnya berpotensi digunakan untuk menghambat laju korosi pada logam.

Bentuk daun gambir dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Daun Gambir [Silviakasari,2010]

Komponen kimia yang terdapat dalam gambir dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komponen-komponen dalam Daun Gambir Secara Umum

No	Nama Komponen	Jumlah (%)
1	<i>Catechin</i>	7–33
2	<i>AsamCatechutannat(tannin)</i>	20–55
3	<i>Pyrocathocol</i>	20–33
4	Gambir flouresensi	1–3
5	<i>Red Catechu</i>	3–5
6	<i>Quersetin</i>	2–4
7	<i>Fixed Oil</i>	1–2
8	Lilin	1–2
9	Alkaloid	Sedikit

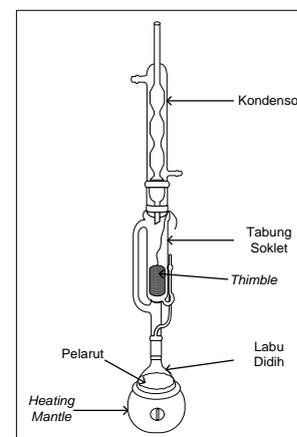
Sumber : Dhalimi, A [2006]

Sebelumnya telah dilakukan penelitian menggunakan ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi yaitu dari getah pinus, gambir, tembakau dan kopi dalam media korosif air laut. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa, inhibitor alam yang paling baik dalam mengurangi laju korosi adalah getah pinus dengan penurunan laju korosi terbesar yaitu sebesar 87,22% pada rentang suhu 29-37°C [Haryono, 2010]. Adolfrizt [2012] telah mengekstrak daun gambir dengan memvariasikan komposisi pelarut etanol-air dan diperoleh kesimpulan bahwa perbandingan etanol-air 1:4 dengan berat sampel sebesar 10 gr menghasilkan kadar tanin terbesar yaitu 94,75 ppm.

Tujuan dari penelitian ini memperoleh konsentrasi inhibitor terbaik untuk mengurangi laju korosi, menghitung efisiensi inhibisi dari ekstrak daun gambir dalam media air laut dan menguji kemampuan ekstrak daun gambir sebagai inhibitor korosi besi dengan variasi pH pada media air laut.

## 2. METODOLOGI

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun gambir yang diekstrak dengan metoda sokletasi dan dievaporasi untuk mendapatkan ekstrak pekat dari daun gambir. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah diperoleh ekstrak yang pekat dilanjutkan dengan pembuatan larutan induk inhibitor. Preparasi besi yang akan digunakan dengan cara diamplas terlebih dahulu lalu ditimbang untuk mengetahui berat awal besi. Selanjutnya dilakukan perendaman besi dalam media air laut dengan variasi konsentrasi inhibitor 0, 1000, 3000, dan 5000 ppm dengan waktu kontak 5, 10, 15, dan 20 hari dan variasi pH awal media air laut pada kondisi asam ( $\pm 3$ ), netral ( $\pm 6$ ), dan basa ( $\pm 9$ ).



**Gambar 3.** Rangkaian Alat Sokletasi

Setelah perendaman sesuai dengan parameter-parameter yang telah ditentukan selanjutnya dilakukan metode gravimetri dengan perhitungan metoda kehilangan berat. Metode ini dilakukan dengan mengangkat besi yang telah direndam, dicuci lalu dikeringkan, diamplas dan ditimbang untuk

mengetahui selisih berat awal dan berat akhir besi.

Untuk menentukan kemampuan inhibisi tanin dari gambir terhadap laju korosi besi secara kuantitatif, terlebih dahulu ditentukan laju korosi besi dengan menggunakan persamaan 1. [Erna, 2011] :

$$r = \frac{(W_0 - W_f)}{A \times t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$r$  = laju korosi  $\left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2 \cdot \text{hari}}\right)$

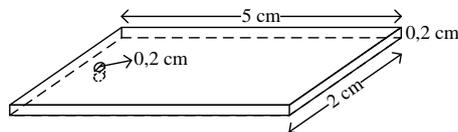
$W_0$  = berat awal besi (gr)

$W_f$  = berat akhir besi (gr)

$A$  = luas permukaan plat besi( $\text{cm}^2$ )

$t$  = waktu (hari)

Perhitungan luas permukaan besi :



Langkah selanjutnya adalah menentukan kemampuan inhibisi korosi logam besi menggunakan persamaan :

$$\%E = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\%E$  = Efisiensi Inhibisi (%)

$r_1$  = Laju korosi tanpa inhibitor  $\left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2 \cdot \text{hari}}\right)$

$r_2$  = Laju korosi dengan inhibitor  $\left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2 \cdot \text{hari}}\right)$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa penambahan inhibitor dapat dilihat melalui data-data berikut.

#### Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir dan Variasi Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Besi

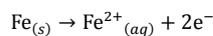
Dengan luas permukaan plat besi 22,8628  $\text{cm}^2$ , berat awal besi ( $W_0$ ) 7,18-8,3 gr, dan berat akhir besi ( $W_f$ ) 6,96-8,03 gr dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hubungan Waktu Kontak dengan Pengurangan Berat Besi dalam Media Air Laut Tanpa dan Dengan Penambahan Inhibitor pada pH 7,9

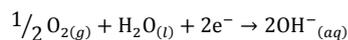
Konsentrasi (ppm)	Waktu Perendaman, t (hari)	Kehilangan Berat (gr)	Laju Korosi, $r_2$ ( $\text{gr}/\text{cm}^2 \cdot \text{hari}$ )
0	5	0,16	0,001400
	10	0,29	0,001268
	15	0,43	0,001254
	20	0,56	0,001225
1000	5	0,12	0,001050
	10	0,23	0,001006
	15	0,33	0,000962
	20	0,42	0,000919
3000	5	0,1	0,000875
	10	0,19	0,000831
	15	0,26	0,000758
	20	0,32	0,000700
5000	5	0,08	0,000700
	10	0,15	0,000656
	15	0,19	0,000554
	20	0,23	0,000503

Berdasarkan data dari Tabel 3 pada perendaman besi tanpa inhibitor, laju korosi yang diperoleh lebih besar. Hal ini terjadi karena adanya garam-garam terlarut, padatan tersuspensi serta gas terlarut yang menyebabkan terbentuknya  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan terjadi korosi.

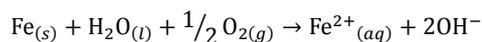
Reaksi yang terjadi pada anoda adalah reaksi oksidasi besi menjadi bentuk ion seperti reaksi berikut :



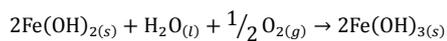
Karena perendaman dilakukan dalam media air laut yang mengandung gas oksigen dari aerator, sehingga terjadi reaksi reduksi gas oksigen seperti berikut :



Adanya kehilangan berat menunjukkan bahwa besi tersebut telah berubah menjadi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan bereaksi dengan  $\text{OH}^{-}$  membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Tahapan proses korosi ini ditunjukkan pada persamaan reaksi sebagai berikut :



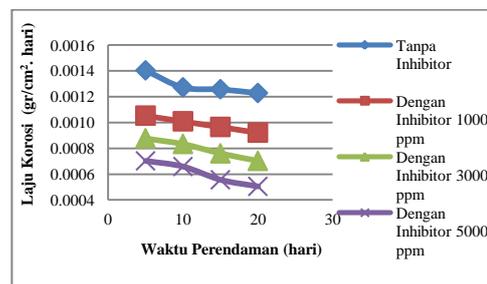
Dengan adanya oksigen yang melimpah dalam media air laut, maka ion  $\text{Fe}^{2+}$  dapat teroksidasi kembali membentuk ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Ion-ion  $\text{Fe}^{3+}$  bereaksi dengan gas oksigen dan molekul-molekul air membentuk karat seperti pada persamaan berikut:



Dari hasil perhitungan pada Tabel 3 diperoleh kesimpulan bahwa semakin lama waktu kontak dalam media air laut menyebabkan laju korosi semakin menurun. Hal ini

disebabkan produk korosi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dapat menutupi permukaan besi membentuk lapisan pasif pada sisi katodik sehingga mempengaruhi reaksi reduksi di katoda. Apabila reaksi di katoda terhambat, maka reaksi oksidasi besi di anoda juga terhambat.

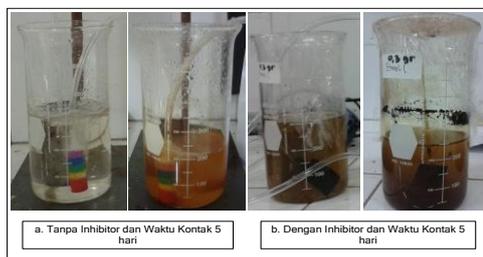
Sedangkan pada media air laut dengan penambahan inhibitor, laju korosi semakin berkurang seiring dengan penambahan konsentrasi inhibitor. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4. Proses inhibisi ini terjadi akibat molekul-molekul tanin yang teradsorpsi pada permukaan besi dan membentuk selaput pelindung di permukaan besi. Gugus fungsi yang berperan dalam interaksi antar molekul-molekul tanin dan permukaan besi membentuk selaput pelindung adalah gugus hidroksil. Hal ini disebabkan molekul tanin mengandung gugus hidroksil yang bisa membentuk ikatan kovalen dengan logam besi. Hal ini didukung oleh fakta bahwa semakin banyak tanin yang teradsorpsi, semakin besar daya inhibisinya, sehingga laju korosi semakin berkurang.



**Gambar 4.** Hubungan Variasi Konsentrasi Inhibitor dengan Laju Korosi Besi pada Variasi Waktu Kontak

Bukti lain bahwa besi telah terkorosi adalah adanya perubahan

warna media air laut secara visual. Pada perendaman tanpa inhibitor, media air laut mulai berubah warna menjadi agak kuning dan warnanya semakin pekat serta terbentuk endapan berwarna kuning kecoklatan. Demikian juga pada perendaman besi menggunakan inhibitor menghasilkan warna yang lebih pekat pada konsentrasi inhibitor tertinggi. Hal ini sesuai dengan sifat fisik tanin yaitu berwarna kekuningan sampai coklat terang dan akan menjadi lebih gelap apabila terkena cahaya langsung atau dibiarkan di udara terbuka. Perubahan warna media air laut menjadi kuning mengindikasikan telah terjadinya peristiwa korosi seperti di tunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Perubahan Warna Media Air Laut Menjadi Kuning Kecoklatan (a) Tanpa Penambahan Inhibitor dan (b) Dengan Inhibitor

Sedangkan pada sampel besi, tidak ada perbedaan yang cukup signifikan antara sampel pada media korosif tanpa dan dengan penambahan inhibitor. Dilihat dari bentuk permukaannya, keduanya sama-sama membentuk deposit/lapisan berwarna kecoklatan. Namun lapisan yang terbentuk lebih pekat pada besi yang direndam dalam air laut dengan penambahan inhibitor.

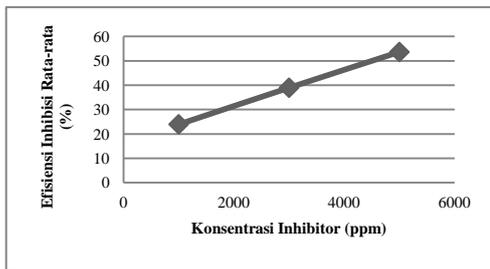
Lapisan yang terbentuk pada media korosif dapat dilihat pada Gambar 6. Akan tetapi sifat kelekatan dari deposit tersebut memiliki perbedaan yaitu, deposit pada besi yang direndam dalam media korosif tanpa inhibitor lebih mudah lepas. Berbeda dengan deposit pada besi yang direndam pada air laut dengan penambahan inhibitor yang depositnya tidak mudah lepas. Ketika akan dilakukan proses pembersihan, deposit/ lapisan tersebut ketika digosokkan dengan menggunakan tangan tidak langsung hilang tetapi harus disikat. Sehingga dapat dikatakan deposit/ lapisan pada besi yang direndam dalam air laut dengan penambahan inhibitor kelekatananya lebih baik sehingga lebih stabil.



**Gambar 6.** Besi (a) Tanpa dan (b) Dengan Penambahan Inhibitor Setelah Perendaman 5 hari dan Setelah Dibersihkan

### Efisiensi Inhibisi Ekstrak Daun Gambir dalam Media Air Laut

Potensi tanin sebagai inhibitor korosi besi dalam media air laut dapat ditentukan berdasarkan nilai efisiensi inhibisi yang dihitung menggunakan Persamaan (2) dan dapat dilihat pada Tabel 3 seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Hubungan Variasi Konsentrasi Inhibitor dengan Efisiensi Inhibisi Rata-rata

Persen efisiensi inhibisi meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi yang ditambahkan. Persen efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh sebesar 60,345% pada konsentrasi tanin 5000 ppm.

Berdasarkan Gambar 7 diketahui bahwa peningkatan konsentrasi tanin dapat meningkatkan efisiensi inhibisi. Peningkatan persen inhibisi menunjukkan bahwa senyawa tanin memiliki potensi sebagai inhibitor korosi besi dalam media air laut.

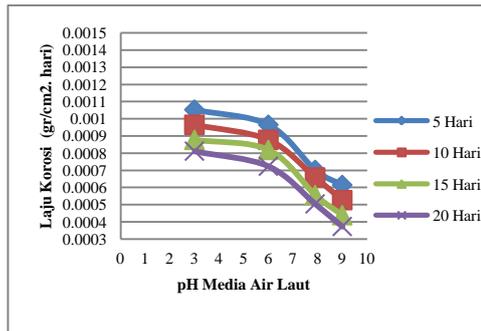
#### **Pengaruh Variasi pH Media Air Laut Terhadap Laju Korosi Besi**

pH media air laut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju korosi. Pengaruh perendaman besi dalam media air laut dengan variasi konsentrasi inhibitor dan variasi pH media air laut dengan luas permukaan plat besi 22,8628 cm<sup>2</sup>, berat awal besi ( $W_0$ ) 7,21- 8 gr, dan berat akhir besi ( $W_f$ ) 6,95-7,77 gr dapat dilihat pada Tabel 4.

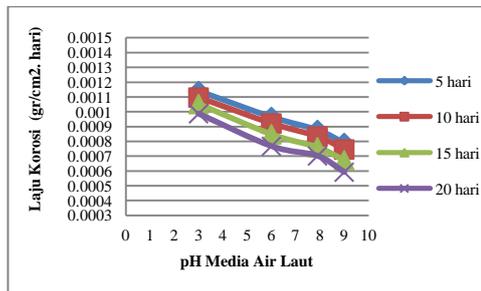
**Tabel 4.** Hubungan Variasi pH dengan Laju Korosi Besi dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor

Konsentrasi (ppm)	Kondisi	Waktu Perendaman (hari)	Kehilangan Berat (gr)	Laju Korosi, $r_2$ (gr/cm <sup>2</sup> .hari)
1000	Asam	5	0,16	0,001400
		10	0,30	0,001312
		15	0,43	0,001254
		20	0,54	0,001181
	Netral	5	0,14	0,000875
		10	0,26	0,000831
		15	0,37	0,000758
		20	0,47	0,000700
	Basa	5	0,11	0,000700
		10	0,21	0,000656
		15	0,31	0,000554
		20	0,39	0,000503
3000	Asam	5	0,13	0,001137
		10	0,25	0,001093
		15	0,36	0,001050
		20	0,45	0,000984
	Netral	5	0,11	0,000962
		10	0,21	0,000919
		15	0,29	0,000846
		20	0,35	0,000765
	Basa	5	0,09	0,000787
		10	0,17	0,000744
		15	0,23	0,000671
		20	0,27	0,000590
5000	Asam	5	0,12	0,001050
		10	0,22	0,000962
		15	0,30	0,000875
		20	0,37	0,000809
	Netral	5	0,11	0,000962
		10	0,20	0,000875
		15	0,28	0,000816
		20	0,33	0,000722
	Basa	5	0,07	0,000612
		10	0,12	0,000525
		15	0,15	0,000437
		20	0,17	0,000372

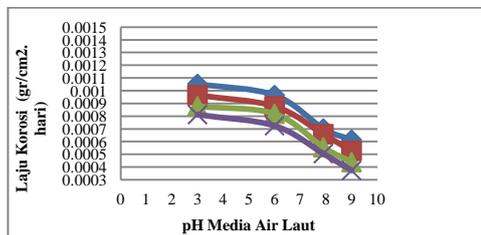
Berdasarkan Tabel 4 diperoleh kesimpulan bahwa semakin rendah pH maka laju korosi semakin meningkat, namun semakin menurun dengan peningkatan konsentrasi inhibitor, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8, 9, dan 10.



**Gambar 8.** Hubungan pH Media Air Laut dan Laju Korosi Besi pada Konsentrasi 1000 ppm.



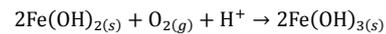
**Gambar 9.** Hubungan pH Media Air Laut dan Laju Korosi Besi pada Konsentrasi 3000 ppm.



**Gambar 10.** Hubungan pH Media Air Laut dan Laju Korosi Besi pada Konsentrasi 5000 ppm.

Dari Gambar 8, 9, dan 10 dapat dilihat kecenderungan yang sama, yaitu laju korosi menurun

dengan meningkatnya pH dan konsentrasi inhibitor. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pH yang rendah merupakan penyebab utama terjadinya korosi. Laju korosi tertinggi diperoleh pada kondisi asam (pH awal ±3) dengan konsentrasi inhibitor 1000 ppm. Hal ini disebabkan jumlah tanin yang teradsorpsi sedikit sehingga kemampuan untuk melapisi logam besi kurang baik dan lapisan pelindung yang terbentuk tipis. Selain itu, larutan yang bersifat asam (pH rendah) menyebabkan reaksi antara besi dan larutan menjadi semakin besar, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut :



Laju korosi terendah diperoleh pada kondisi basa (pH awal ±9) dengan konsentrasi inhibitor 5000 ppm. Hal ini terjadi karena tanin dalam jumlah besar teradsorpsi dan melindungi permukaan logam. Pada kondisi basa, jumlah OH<sup>-</sup> yang berlebih tidak berpotensi membentuk Fe(OH)<sub>3</sub> yang merupakan produk korosi. Hal ini dikarenakan sifat OH<sup>-</sup> dalam air adalah alkali yang menetralkan asam yang merupakan penyebab terjadinya korosi [Setiadi, 2007].

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data dapat disimpulkan bahwa :

1. Laju korosi terendah diperoleh pada konsentrasi inhibitor 5000 ppm dan variasi waktu kontak 20 hari yaitu 0,000503 gr/cm<sup>2</sup>hari dalam media air laut dengan pH awal 7,9.

2. Efisiensi inhibisi ekstrak gambir terbesar adalah 60,345% yang diperoleh pada konsentrasi inhibitor 5000 ppm dan waktu kontak 20 hari.
3. Inhibitor dari ekstrak daun gambir efektif mengurangi laju korosi pada kondisi basa (pH awal  $\pm 9$ ) dan waktu kontak 20 hari. Hal ini terjadi pada setiap konsentrasi inhibitor dengan laju korosi terendah pada konsentrasi 1000 ppm sebesar 0,000853 gr/cm<sup>2</sup>hari, 3000 ppm sebesar 0,000590 gr/cm<sup>2</sup>hari, dan 5000 ppm sebesar 0,000372 gr/cm<sup>2</sup>hari.

## 5. SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dalam menentukan rentang variasi konsentrasi inhibitor tidak terlalu jauh agar diperoleh hasil yang valid.
2. Agar diperoleh kondisi yang optimal dalam penggunaan inhibitor sebaiknya ditambahkan variasi waktu kontak.
3. Pada perendaman logam sebaiknya ditambahkan larutan *buffer* dalam variasi pH media korosif agar pH media korosif tetap terjaga.

## DAFTAR PUSTAKA

Adolfritz, H., 2012, Ekstraksi Daun Gambir Dengan Variasi Komposisi Pelarut Etanol-Air, *Laporan Penelitian*, Universitas Riau.

Dhalimi, A., 2006. Permasalahan Gambir (*Uncaria Gambir L.*) di Sumatera Barat dan Alternatif Pemecahannya. *Indonesian*

*Agriculture Technology Assessment and Development Institute. Perspektif*, 2 (5), 46-59.

Djaprie, S., 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi ke 5, Erlangga, Jakarta, 483-510.

Erna, M., 2011, Karboksimetil Kitosan Sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Media Air Gambut, *Jurnal Matematika dan Sains*, 2(16), 106-110.

Haryono, G., 2010, Ekstrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi, *Jurnal Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*.

Mukhlisoh, W., 2010. Pengaruh Ekstrak Tunggal dan Gabungan Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) Terhadap Aktivitas Anti Bakteri Secara *In Vitro*, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Setiadi, T., 2007, *Kimia Air, Pengolahan dan Penyediaan Air*, ITB, Bandung.

Silviakasari, 2010, Uji Efektivitas Katekin dari Daun Gambir (*Uncaria Gambir (Hunter) Roxb*) Sebagai Bahan Alternatif Pengawet Tahu di Kabupaten Bogor, *Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa*, Institut Pertanian Bogor.

Trethewey, K.R. and Chamberlain, J., 1991, *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasawan*, PT. Gramedia Pusaka Utama, Jakarta, 69-70.