

## Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi

Gogot Haryono, Bambang Sugiarto, Hanima Farid dan Yudi Tanoto

Jurusan Teknik Kimia FTI UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl SWK 104 Condongcatur Yogyakarta

### Abstract

Extract of natural organic product can be used as an inhibitor solution to prevent corrosion. There were pine resin, tobacco, coffe and gambier. This research work determine the effectiveness of those extracted material on reduction rate of iron's corrosion in the sea water environment. Natural organic solution is produced by extracted of pine resin, tobacco, coffe and gambier. The experiment start by extraction of that material. The inhibitor is added to sea water before iron is merged. After 7 days, the iron is take from the sea water and weighed to determine its corrosion rate. According to the experiment result, pine resin extract is the best inhibitor for reducing iron corrosion in the sea water environment. The rate coorossion could be decrease of about 87,22 % at temperature range 29 - 37°C, whrrease gambier extract was not recommended as inhibitor

**Key word:** extract of natural product, corrosion, inhibitor

### 1. Pendahuluan

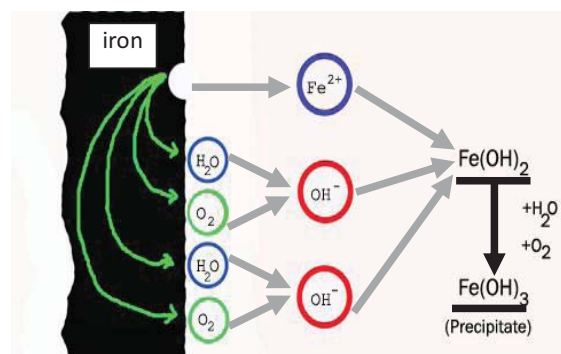
Korosi logam adalah salah satu masalah penting yang dihadapi oleh kelompok industri maju. Diperkirakan bahwa di Amerika Serikat saja biaya tahunan untuk korosi mencapai sepuluh milyar dollar. Korosi atau secara awam dikenal sebagai pengkaratan, merupakan suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu bahan logam yang disebabkan oleh terjadi reaksi dengan lingkungan. Proses korosi logam berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah anoda dan katoda yang membentuk rangkaian arus listrik tertutup.

Proses pencegahan korosi dapat dilakukan, diantaranya dengan pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik, penambahan inhibitor korosi dan lain-lain. Inhibitor korosi sendiri didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fospat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan, maka sering industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pemipaan, dan sistem pengolahan air produksi mereka, untuk melindungi besi/baja dari serangan korosi. Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.

Dalam penelitian ini akan dibandingkan efektifitas inhibitor organik dari ekstrak kopi, gambir, getah pinus dan tembakau serta tingkat penurunan laju korosinya.

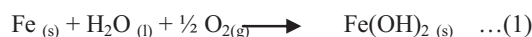
### 2. Tinjauan Pustaka

Korosi dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Tetapi bila kerusakan tersebut aksi mekanis, seperti penarikan, pembengkakan atau patah, maka hal ini tidak disebut peristiwa korosi. Korosi dapat digambarkan sebagai sel galvanik yang mempunyai "hubungan pendek" dimana beberapa daerah permukaan logam bertindak sebagai katoda dan lainnya sebagai anoda, dan "rangkaiannya" dilengkapi oleh rangkaian elektron menuju besi itu sendiri. (Gambar 1).

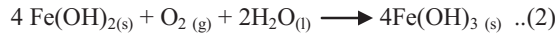


Gambar 1. Pembentukan Karat

Mekanisme korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) dituliskan sebagai berikut :

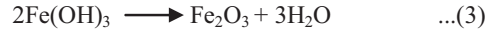


Fero hidroksida  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$  yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air dan udara d menjadi feri hidroksida  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ , sehingga mekanisme reaksi selanjutnya adalah :



Ferri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang berwarna merah kecoklatan yang biasa kita sebut karat. (Vogel, 1979)

Reaksinya adalah:



Korosi terjadi akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Salah satu kondisi lingkungan yang sering menyebabkan terjadinya korosi pada besi adalah air laut. Karena air laut merupakan larutan yang mengandung berbagai macam garam. Jumlah garam dapat dinyatakan dengan salinitas yaitu jumlah bahan-bahan padat yang terlarut dalam 1 kg air laut. Karena banyaknya bahan-bahan padat yang terdapat dalam air laut maka akan mempengaruhi laju korosi suatu bahan logam.

**Tabel 1. Komposisi Kimia Air Laut (Kirk Othmer, 1965)**

Senyawa	Persen Berat (%)
NaCl	2.88
MgCl <sub>2</sub>	0.32
MgSO <sub>4</sub>	0.22
CaSO <sub>4</sub>	0.12
KCl	0.07
NaBr	0.008
H <sub>2</sub> O	96.582

Air laut sangat mempengaruhi laju korosi dari logam yang dilaluinya atau yang kontak langsung dengannya, hal ini dikarenakan air laut mempunyai konduktivitas yang tinggi dan memiliki ion klorida yang dapat menembus permukaan logam. Besarnya pH pada permukaan air laut bervariasi antara 7,8 -8,3 dan merupakan fungsi dari kedalaman; pH biasanya bergerak minimum dengan naiknya kedalaman laut.

Faktor-Faktor yang dapat mempengaruhi Korosi

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi antara lain, yaitu :

1. suhu

Kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya. (Fogler, 1992)

2. kecepatan alir fluida atau kecepatan pengadukan

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan (korosi). (Kirk Othmer, 1965)

3. konsentrasi bahan korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman dan kebasahan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda. (Djaprie, 1995)

4. oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi. (Djaprie, 1995)

5. waktu kontak

Aksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan. (Uhlig, 1958)

**Pencegahan Korosi**

Pencegahan korosi dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

a. Pelapisan

Dilakukan dengan memberikan suatu lapisan yang dapat mengurangi kontak antara logam dengan lingkungannya. Lapisan pelindung yang sering dipakai adalah bahan metalik, anorganik ataupun organik yang relatif tipis.

b. Aliasi logam

Dengan cara mencampurkan logam satu dengan logam yang lain. Aliasi logam ini bertujuan agar mutu suatu logam akan meningkat.

c. Penambahan inhibitor

Inhibitor adalah senyawa tertentu yang ditambahkan pada elektrolit untuk membatasi korosi bejana logam. Inhibitor terdiri dari anion atom-ganda yang dapat masuk kepermukaan logam, dengan demikian dapat menghasilkan selaput lapisan tunggal yang kaya oksigen. (Djaprie, 1995)

**Pencegahan korosi dengan Inhibitor**

Korosi dapat dikurangi dengan berbagai macam cara, cara yang paling mudah dan paling murah adalah dengan menambahkan inhibitor ke dalam media. Inhibitor adalah senyawa yang bila ditambahkan dengan konsentrasi yang kecil kedalam lingkungan elektrolit, akan menurunkan laju korosi. Inhibitor

dapat dianggap merupakan katalisator yang memperlambat (*retarding catalyst*). Pemakaian inhibitor dalam suatu sistem tertutup atau sistem resirkulasi, pada umumnya hanya dipakai sebanyak 0.1% berat. Inhibitor yang ditambahkan akan menyebabkan :

- 1). Meningkatnya polarisasi anoda
- 2). Meningkatnya polarisasi katoda
- 3). Meningkatnya bahan tahanan listrik dari sirkuit oleh pembentukan lapisan tebal pada permukaan logam.

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan, maka sering industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pemipaan, dan sistem pengolahan air produksi mereka, untuk melindungi besi/baja dari serangan korosi. Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat biodegradabel, biaya murah, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.

Inhibitor dari ekstrak bahan alam adalah solusinya karena aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan.

Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam.

Ekstrak daun tembakau, teh dan kopi dapat efektif sebagai inhibitor pada sampel logam besi, tembaga, dan aluminium dalam medium larutan garam. Keefektifan ini diduga karena ekstrak daun tembakau, teh, dan kopi memiliki unsur nitrogen yang berfungsi sebagai pendonor elektron terhadap logam  $Fe^{2+}$  untuk membentuk senyawa kompleks. Kopi mengandung kafein yang merupakan alkaloid yang mempunyai cincin purin dan merupakan derivat dari metil xanthine (1,3,7-trimetil xanthine) dengan BM 194,14, specific gravity 1,23. Rumus molekul dari kafein adalah  $C_8H_{10}N_4O_2$ . Ekstrak daun tembakau, lidah buaya, daun pepaya, daun teh, dan kopi dapat efektif menurunkan laju korosi *mild steel* dalam medium air laut buatan yang jenuh  $CO_2$ . Lidah buaya mengandung aloin, aloenin, aloesin dan asam amino. Daun pepaya mengandung N-asetil-glukosaminida, benzil isotiosianat, asam amino.

Efektivitas ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan nitrogen yang terdapat dalam senyawaan kimianya seperti daun tembakau yang mengandung senyawa-senyawa kimia antara lain nikotin, hidrazin, alanin, quinolin, anilin,

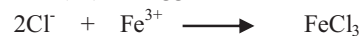
piridin, amina, dan lain-lain. Sedangkan daun teh dan kopi banyak mengandung senyawa kafein dimana kafein dari daun teh lebih banyak dibandingkan kopi. ([www.chem-is-try.org](http://www.chem-is-try.org))

### Landasan Teori

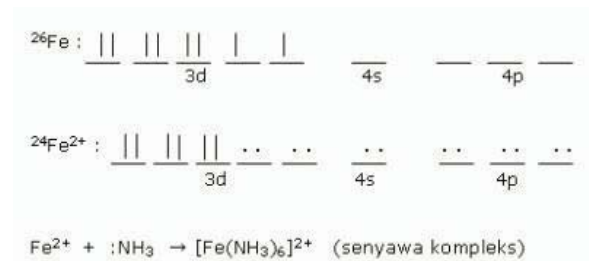
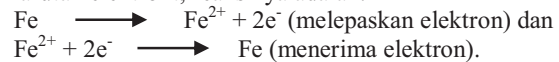
Mekanisme proteksi ekstrak bahan alam terhadap besi/baja dari serangan korosi diperkirakan hampir sama dengan mekanisme proteksi oleh inhibitor organik. Reaksi yang terjadi antara logam  $Fe^{2+}$  dengan medium korosif air laut yang mengandung ion-ion klorida yang terurai dari NaCl,  $MgCl_2$ , KCl akan bereaksi dengan Fe dan diperkirakan menghasilkan  $FeCl_2$ . Jika ion klorida yang bereaksi semakin besar, maka  $FeCl_2$  yang terbentuk juga akan semakin besar, seperti tertulis dalam reaksi berikut :



Ion klorida pada reaksi diatas akan menyerang logam besi (Fe) sehingga besi akan terkorosi menjadi :



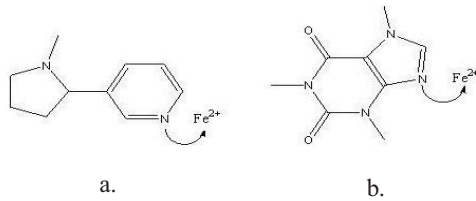
Dan reaksi antara  $Fe^{2+}$  dengan inhibitor ekstrak bahan alam menghasilkan senyawa kompleks. Inhibitor ekstrak bahan alam yang mengandung nitrogen mendonorkan sepasang elektronnya pada permukaan logam *mild steel* ketika ion  $Fe^{2+}$  terdifusi ke dalam larutan elektrolit, reaksinya adalah:



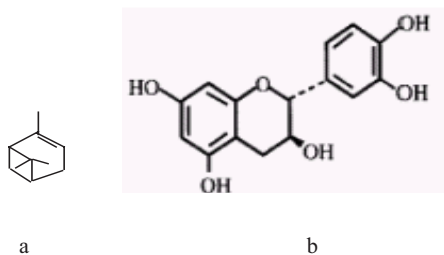
Gambar 2. Mekanisme Proteksi

Produk yang terbentuk di atas mempunyai kestabilan yang tinggi dibanding dengan Fe saja, sehingga sampel besi/baja yang diberikan inhibitor ekstrak bahan alam akan lebih tahan (terproteksi) terhadap korosi. Contoh lainnya, dapat juga dilihat dari struktur senyawa nikotin dan kafein yang terdapat dalam ekstrak daun tembakau, teh, dan kopi, dimana kafein dan nikotin yang mengandung gugus atom nitrogen akan menyumbangkan pasangan elektron bebasnya untuk mendonorkan elektron pada logam  $Fe^{2+}$  sehingga terbentuk senyawa kompleks dengan mekanisme yang sama seperti Gambar.2. Struktur molekul  $\alpha$ -pinena dalam getah pinus dan catesin

dalam ekstrak gambir disajikan pada Gambar 3.. Senyawa tersebut juga mengandung pasangan elektron yang dapat didonorkan



Gambar 2. Struktur senyawa a. nikotin dan b. kafein



Gambar 3. Struktur senyawa a. α-pinena dan b. catesin

### 3. Metodologi

#### 3.1 Bahan

Bahan utama: air laut, logam besi, kopi, getah pinus, gambir dan daun tembakau

Bahan pembantu : alkohol, aquades dan HCl

#### 3.2 Alat

Alat penelitian meliputi satu set alat ekstraksi soxhlet dan alat distilasi. Peralatan utama untuk uji korosi ditunjukkan pada Gambar 4.

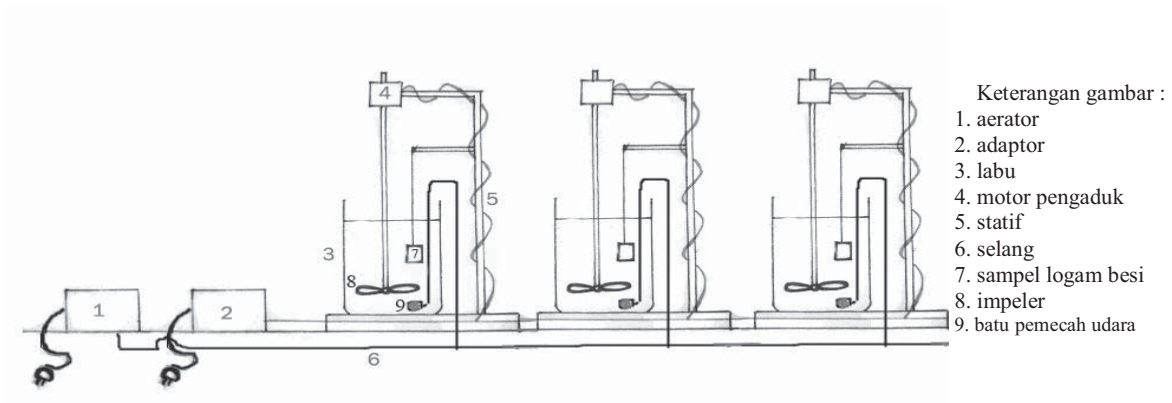
#### 3.3 Cara Penelitian

##### Isolasi Inhibitor dari Bahan Alam

Pengambilan ekstrak bahan sebagai inhibitor dilakukan dengan proses ekstraksi dilanjutkan dengan distilasi. Ekstraksi dilakukan menggunakan soxhlet . Sejumlah bahan (pinus, tembakau, gambir atau kopi) yang telah dihaluskan dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan dalam soxhlet. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut air. Setelah waktu tercapai, larutan ekstrak didistilasi untuk mengilangkan pelarut.

##### Persiapan sampel logam besi

Sampel logam besi dibersihkan menggunakan amplas selanjutnya dicelupkan dalam larutan HCl 0,1 N. Kemudian dibilas menggunakan alkohol dan dicuci menggunakan aquades, dikeringkan dan ditimbang.



Gambar 4. Rangkaian Alat Uji Korosi

#### Perendaman sampel logam besi dalam media air laut untuk uji korosi

Merangkai alat seperti Gambar 4, kemudian air laut dan sampel logam besi dimasukkan. Selanjutnya motor pengaduk dan aerator dihidupkan dan perendaman dilakukan selama 7 hari. Setelah waktu tercapai sampel logam besi selanjutnya dibersihkan, dikeringkan dan ditimbang. Percobaan diulangi dengan menambahkan inhibitor (getah pinus, gambir, tembakau dan kopi) dan pada suhu yang bervariasi.

#### Perhitungan hasil

Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{543W}{DAT}$$

dengan :  
 R = Laju korosi (cm/tahun)  
 W = Kehilangan berat (gram)  
 D = Densitas logam (g/cm<sup>3</sup>)  
 A = Luas spesimen logam (cm<sup>2</sup>)  
 T = Waktu kontak (tahun)

### 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian tentang pengaruh penambahan inhibitor alam terhadap penurunan laju korosi disajikan pada bagian berikut ini.

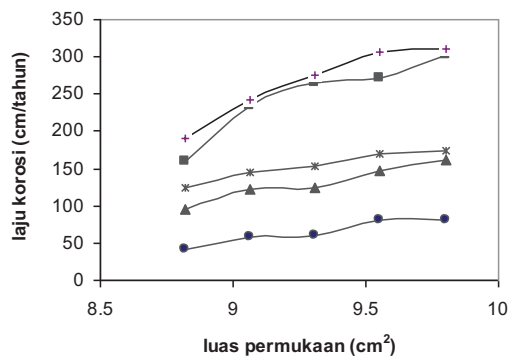
#### 4.1 Pengaruh Luas Permukaan

**Tabel 2. Pengaruh Luas Permukaan Besi terhadap Laju Korosi tanpa penambahan inhibitor**

Waktu	= 7 hari	
Suhu	= 29 °C	
Densitas air laut	= 1,030495 gram/cm <sup>3</sup>	
Berat besi (g)	luas permukaan (cm <sup>2</sup> )	laju korosi (cm/tahun)
0,0611	8,82	190,33620
0,0801	9,065	242,78032
0,0932	9,31	275,05212
0,1066	9,555	306,53162
0,1107	9,8	310,36326

**Tabel 3. Pengaruh Luas Permukaan Besi terhadap Laju Korosi Pada Berbagai bahan Pelapis**

Waktu	= 7 hari		
Suhu	= 29 °C		
Densitas air laut	= 1,030495 gram/cm <sup>3</sup>		
Berat besi (g)	Luas permukaan (cm <sup>2</sup> )	Laju korosi (cm/tahun)	
		Getah pinus	gambir
0,0136	8,82	42,3662	158,5616
0,019	9,065	57,5883	233,6874
0,0207	9,31	61,0899	265,0180
0,0283	9,555	81,3775	271,1626
0,0291	9,8	81,5860	302,6993
		tembakau	kopi
0,0136	8,82	95,3239	123,67180
0,019	9,065	121,5417	145,78943
0,0207	9,31	123,6554	152,28207
0,0283	9,555	147,5147	169,65634
0,0291	9,8	161,7702	174,10622



**Gambar 5. Hubungan Luas Permukaan Besi terhadap Laju Korosi tanpa inhibitor dan dengan berbagai macam Pelapisan: (+), tanpa inhibitor; (◆), getah pinus; (▲), tembakau ; (\*), kopi; (■), gambir.**

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 serta Gambar 5, dapat dilihat bahwa kenaikan luas permukaan meningkatkan laju korosi, dikarenakan semakin besar permukaan besi yang berkontak dengan larutan.. Dengan adanya pelapisan getah pinus, ekstrak tembakau, gambir dan ekstrak kopi ternyata dapat mengurangi laju korosi. Sesuai dengan mekanisme proteksi yang telah dijelaskan, bahwa ekstrak bahan alam merupakan senyawa yang mengandung atom yang memiliki pasangan electron bebas. Atom ini bersifat sebagai donor elektron sehingga akan menghasilkan senyawa kompleks dengan besi.. Senyawa kompleks ini bersifat stabil, tidak mudah dioksidasi dan akan menyelubungi permukaan logam besi. Dengan demikian korosi bisa dihambat.

#### 4.2 Pengaruh Suhu terhadap Laju Korosi

**Tabel 4. Pengaruh Suhu Air Laut terhadap Laju Korosi Tanpa inhibitor**

Panjang besi	= 4,9 cm	Lebar besi	= 1,8 cm
Tebal besi	= 0,2 cm	Luas besi	= 8,82 cm <sup>2</sup>
Waktu	= 7 hari		

suhu (°C)	berat besi (g)	laju korosi (cm/tahun)
29	0,0986	307,1546
32	0,1028	320,4383
34	0,1058	330,0068
35	0,1162	362,5697
37	0,1293	403,7305

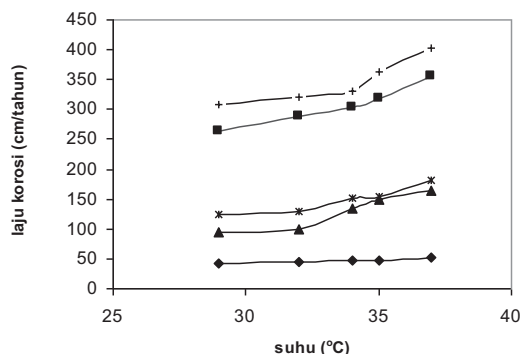
**Tabel 5 Pengaruh Suhu Air Laut terhadap Laju Korosi untuk berbagai macam bahan Pelapis**

Panjang besi	= 4,9 cm	Lebar besi	= 1,8 cm
Tebal besi	= 0,2 cm	Luas besi	= 8,82 cm <sup>2</sup>
Waktu	= 7 hari		

suhu (°C)	berat besi (g)	densitas (g/m <sup>3</sup> )	laju korosi (cm/tahun)	
			getah pinus	gambir
29	0,0136	1,03049	42,3662	264,4770
32	0,0143	1,02985	44,5746	287,3970
34	0,0149	1,02917	46,4754	303,4940
35	0,0152	1,02882	47,4274	319,1986
37	0,0165	1,02809	51,5201	355,0205
			tembakau	kopi
29	0,0136	1,0305	95,3239	123,6718
32	0,0143	1,0299	99,1234	128,4247
34	0,0149	1,0292	133,8112	150,6553



35	0,0152	1,0288	148,5225	154,7630
37	0,0165	1,0280	164,5522	180,4766



**Gambar 6.** Hubungan Suhu Air Laut terhadap Laju Korosi tanpa inhibitor dan dengan Pelapisan: (+), tanpa inhibitor; (◆), getah pinus; (▲), tembakau; (\*), kopi; (■), gambir.

Dari Tabel 4 dan 5 serta Gambar 6 terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka laju korosi juga akan semakin besar. Korosi adalah peristiwa reaksi oksidasi. Peningkatan suhu akan meningkatkan laju reaksi oksidasi yang dalam hal ini adalah laju korosi. Dengan adanya pelapisan bahan alam, maka akan melindungi permukaan logam besi sehingga dapat mengurangi laju korosi. Besarnya penurunan laju korosi rata-rata berbagai inhibitor pada rentang suhu 29-37°C disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Penurunan laju korosi rata-rata pada berbagai inhibitor pada suhu 29-37°C

jenis inhibitor	penurunan laju korosi (%)
Getah pinus	87,22
gambir	11,34
Ekstrak tembakau	63,75
Ekstrak kopi	57,84

Diantara inhibitor tersebut, getah pinus merupakan inhibitor paling efektif, dibandingkan yang lainnya.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Penambahan inhibitor alam (getah pinus, gambir, ekstrak tembakau dan ekstrak kopi) dapat mengurangi laju korosi besi dalam larutan air laut. Inhibitor alam yang dapat mengurangi laju korosi paling baik adalah getah pinus. Inhibitor alam yang kurang baik mengurangi laju korosi adalah gambir. Getah pinus dapat menurunkan laju korosi sebesar 87,22% pada rentang suhu 29-37°C.

## Daftar Pustaka

- Austin, G.T.,1996, *Industri Proses Kimia*, ed.5, Erlangga, Jakarta
- Djaprie S ., 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan* , ed. 5, hal. 483-510. Erlangga, Jakarta.
- Elly S., 1989, *Kimia Tumbuhan*, Departemen Pendidikan & Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Institut Pertanian Bogor.
- Fogler, 1992, *Elements of Chemical Reaction Engginering* , 2<sup>nd</sup> ed, Prentice – Hall International. Inc, USA.
- Gessner. G.H & Hampel. C. A., 1966, *The Encyclopedia of Chemistry*, ed.3<sup>rd</sup>, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Gillis, H.P, Norman H.N.T, David W. Oxtoby, 1999, *Prinsip-Prinsip Kimia Modern*, ed. 4, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Kirk and Othmer, 1965, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2<sup>nd</sup> ed., Vol.6, p. 320, John Willey and Sons, New York,.
- Uhlig, H. H., 1961, *Corrosion Handbook*, John Willey & Sons Inc., London.
- Vogel, 1979, *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganik Analysis*, 5<sup>th</sup> ed., p.p. 257-337, Longman Group Limited., London..

[www.chem-is-try.org](http://www.chem-is-try.org)