

# EVALUASI EKSTRAK DAUN *RHODOMYRTUS TOMENTOSA* SEBAGAI GREEN INHIBITOR PADA KOROSI ALUMINIUM DALAM LARUTAN ASAM DAN BASA

## EVALUATION OF *RHODOMYRTUS TOMENTOSA* LEAF EXTRACT AS GREEN INHIBITOR ON ALUMINUM CORROSION IN ACID AND ALKALINE SOLUTIONS

Mardiah\*, Ari Susandy Sanjaya, Nurul Sakinah, dan Herlina Lia Novianti

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jalan Sambaliung Kampus Gunung Kelua Samarinda, 75119

Diterima: 20 Mei 2020

Direvisi: 9 Juni 2020

Disetujui: 24 Juni 2020

### ABSTRAK

Evaluasi ekstrak daun karamunting sebagai inhibitor korosi aluminium dalam larutan asam dan basa dipelajari dengan menggunakan uji perendaman. Metode gravimetri digunakan untuk menghitung laju korosi aluminium dengan dan tanpa inhibitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa yang terkandung dalam ekstrak daun karamunting merupakan senyawa heteroatom oksigen dan memiliki ikatan rangkap. Berdasarkan hasil studi permukaan dengan Scanning Electron Microscopy (SEM), tingkat kerusakan aluminium dengan penambahan inhibitor lebih rendah dibandingkan dengan tanpa inhibitor. Penambahan inhibitor dari ekstrak daun karamunting dapat mengurangi laju korosi aluminium. Efisiensi penggunaan inhibitor adalah 73,66% pada larutan NaOH dan 80,78% pada larutan HCl pada variabel konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman tertinggi. Model regresi linier berganda digunakan pula dalam penelitian ini untuk memprediksi laju korosi aluminium.

**Kata kunci:** aluminium, ekstrak alami, inhibitor, korosi, regresi linear

### ABSTRACT

*Evaluation of karamunting leaf extract as an inhibitor of aluminum corrosion in acid and alkaline solutions was studied using immersion test. The gravimetric method was used to calculate the corrosion rate of aluminum with and without. The results showed that the compounds contained in the karamunting leaf extract were oxygen heteroatom and had double bonds compounds. Based on the results of surface studies with Scanning Electron Microscopy (SEM), the level of aluminum damage with the addition of an inhibitor was lower than that without inhibitor. The addition of inhibitors from karamunting leaf extract can reduce the corrosion rate of aluminum. The efficiency of using the inhibitor was 73.66% in NaOH solution and 80.78% in HCl solution at the highest inhibitor concentration and immersion time variables. Multiple linear regression model was also used in this study to predict the corrosion rate of aluminum.*

**Keywords:** aluminum, natural extract, corrosion, inhibitor, linear regression,

### PENDAHULUAN

Aluminium dikenal sebagai salah satu logam yang memiliki aplikasi yang luas seperti pada industri otomotif, *aerospace*, konstruksi, dan pembangkit listrik. Aluminium adalah mineral yang diperoleh dari pengolahan bauksit, total sumber daya bauksit Indonesia mencapai 3,7 miliar ton dalam bentuk bijih dan 1,8 miliar ton dalam bentuk logam. Cadangan mencapai 1,2

miliar ton dalam bentuk bijih dan 582 juta ton dalam bentuk logam [1]. Selain ketersediaannya yang melimpah, aluminium dan paduannya ringan, dapat didaur ulang, tahan terhadap korosi, dapat dibentuk, ulet, daya tahan dan konduktivitas yang baik [2].

Aluminium di atmosfer akan membentuk lapisan oksida di permukaannya. Lapisan tipis terbentuk untuk mencegah aluminium dari oksidasi lebih lanjut. Tetapi, pelarutan lapisan

\*Corresponding author :

Email: [mardiah@ft.unmul.ac.id](mailto:mardiah@ft.unmul.ac.id)

DOI: <http://dx.doi.org/10.37209/jtbbt.v10i1.173>

oksida pelindung ini dapat terjadi ketika terpapar dalam kondisi asam atau basa, karena sifat amfoterik aluminium, menghasilkan ion  $Al^{3+}$  (trivalen aluminium) dalam asam dan  $AlO_2^-$  (aluminat) dalam larutan alkali, sehingga aluminium menjadi terkorosi [3].

Larutan asam dan basa dapat digunakan sebagai zat elektrolit dan aluminium dapat digunakan sebagai anoda pada baterai logam udara. Baterai aluminium udara memiliki kelebihan dalam kapasitas spesifik, mencapai 2,98 Ah/gram di atas baterai magnesium udara (2,20 Ah/gram) dan seng udara (0,82 Ah/gram), memiliki kepadatan energi yang tinggi mencapai 1096 Wh/kg tergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, dan tegangan teoritis baterai aluminium-udara dapat mencapai 2,4 volt [4,5]. Reaksi yang terlibat dalam pembuatan baterai aluminium udara adalah reaksi oksidasi dan reduksi. Reaksi oksidasi terjadi pada aluminium yakni anoda dan membentuk endapan oksida pada akhir reaksi, sehingga aluminium rentan terhadap korosi [6].

Salah satu cara untuk mengurangi laju korosi adalah dengan menggunakan inhibitor. Beberapa zat inhibitor antara lain derivatif dari *pyridine*, *benzotriazole*, *triazoline*, *hydrazine*, *phenol* dan lain-lain namun kebanyakan dari zat inhibitor tersebut mahal dan bersifat toksik [7].

Sementara itu, inhibitor yang berasal dari ekstrak tumbuhan menjadi alternatif karena bersifat alami, terbarukan, lebih ramah lingkungan dan dapat diekstraksi dengan prosedur yang sederhana dan biaya yang rendah [8]. Beberapa tumbuhan dilaporkan memiliki efek penghambatan seperti daun *Jasminum nudiflorum* Lindl [7], daun *Phyllanthus amarus* [9], daun *Euphorbia hirta* dan *Dialium guineense* [9,10], daun pepaya [12] dan lain-lain.

Deng dan Li [7], menggunakan ekstrak daun bunga melati (*Jasminum nudiflorum* Lindl) untuk menghambat laju korosi aluminium dalam larutan HCl 1 M. Efisiensi penggunaan inhibitor meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor yakni sebesar 90% dengan waktu perendaman 2 jam. Abiola dan Otaigbe [9] menggunakan ekstrak tanaman *Phyllanthus amarus* untuk menghambat laju korosi aluminium dalam larutan NaOH 2 M, dengan efisiensi penghambatan 76% pada waktu

perendaman 6 jam. Anozie dkk [10] dan Nnanna dkk [11] menggunakan ekstrak daun *Euphorbia hirta* dan *Dialium guineense* pada paduan aluminium dalam larutan 0,5 M HCl [10] dan 0,25 M NaOH [11]. Laju korosi dipelajari menggunakan teknik gravimetri pada suhu 30 dan 60°C. Hasilnya menunjukkan bahwa kedua ekstrak berfungsi sebagai inhibitor yang baik dengan efisiensi inhibisi di atas 80%.

Nardeli dkk [13] menyelidiki efek tannin yang merupakan senyawa alami pada tumbuhan, sebagai inhibitor korosi untuk paduan aluminium dengan dan tanpa *coating* (AA1200). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tannin dapat menghambat laju korosi logam aluminium baik dengan *coating* maupun tidak.

Tumbuhan karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) merupakan tanaman yang dapat di jumpai di hutan Kalimantan namun belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, pada penelitian ini, akan dilakukan penghambatan laju korosi aluminium dalam larutan asam dan basa dengan dan tanpa inhibitor dari daun karamunting.

## BAHAN DAN METODE

### Persiapan Sampel spesimen

Spesimen aluminium dipotong dengan ukuran 5 cm x 2 cm x 0,03 cm. Aluminium dibersihkan dari kotoran (lemak dan debu) dengan menggunakan akuades dan aseton, setelah itu berat awal masing-masing spesimen ditimbang sebelum diuji.

Percoobaan perendaman dilakukan dengan memasukkan spesimen uji ke dalam larutan asam HCl 1 M dan larutan basa NaOH 1 M masing-masing sebanyak 80 mL ke dalam *beaker glass* 100 ml. Sebanyak 10 mL larutan inhibitor masing-masing dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi larutan NaOH dan larutan HCl tersebut.

Pengujian dilakukan dengan dan tanpa inhibitor. Pada larutan NaOH digunakan konsentrasi inhibitor 10, 20, 30, 40, 50 dan 210 ppm dengan waktu perendaman 15,30, dan 60 menit. Pada larutan HCl digunakan konsentrasi inhibitor 50, 100, 150, 200, 250, dan 280 ppm dengan waktu perendaman 15, 20 dan 25 menit.

Setelah perendaman, spesimen dibersihkan dengan menggunakan akuades dan aseton kemudian dikeringkan di dalam oven dan disimpan dalam desikator. Spesimen kemudian ditimbang hingga berat konstan.

### Pembuatan inhibitor

Pada proses pembuatan Inhibitor, daun karamunting dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam lalu digerus dengan menggunakan blender. Sebanyak 15 gram daun karamunting ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Selanjutnya daun karamunting diekstraksi menggunakan sokhlet dengan pelarut etanol. Filtrat yang diperoleh, ditampung dan didestilasi pada suhu 70°C, untuk memisahkan ekstrak dari pelarutnya. Ekstrak kering yang diperoleh ditimbang sebanyak 25 mg dan dilarutkan dengan 25 mL etanol sehingga diperoleh larutan inhibitor dengan konsentrasi 1000 ppm kemudian diencerkan menjadi 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 210, 250 dan 280 ppm.

### Analisa Spesimen

*Scanning Electron Microscopy* dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam spesimen dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui gambaran permukaan aluminium sebelum dan sesudah dilakukan uji perendaman.

### Analisa Kandungan Inhibitor

Kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS) digunakan untuk mengetahui kandungan senyawa pada ekstrak daun karamunting yang dilarutkan dalam etanol.

### Metode Gravimetri

Dengan menggunakan metode gravimetri (penurunan berat), laju korosi dan efisiensi atau daya inhibisi penggunaan inhibitor diperoleh sebagai berikut [9] :

$$w = w_o - w_i \quad (1)$$

$$L_K = \frac{87,6 w}{DA t} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{L_{K(0)} - L_{K(inh)}}{L_{K(0)}} \times 100\% \quad (3)$$

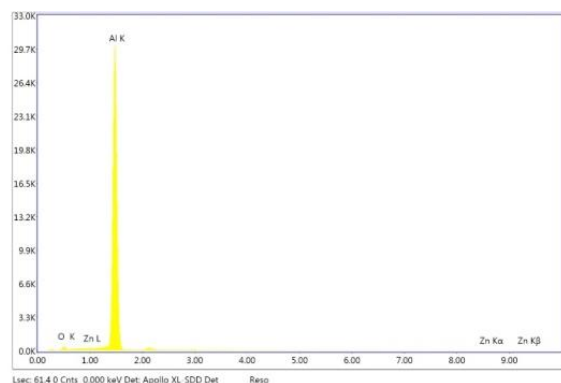
dengan:

$w_o$	=	berat aluminium awal (mg)
$w_i$	=	berat aluminium akhir (mg)
$w$	=	berat aluminium yang terkorosi (mg)
$L_K$	=	laju korosi (mm/tahun)
$L_{K(0)}$	=	laju korosi tanpa inhibitor (mm/tahun)
$L_{K(inh)}$	=	laju korosi dengan inhibitor (mm/tahun)
$D$	=	densitas aluminium ( $g\ cm^{-3}$ )
$A$	=	luas permukaan spesimen ( $cm^2$ )
$t$	=	waktu perendaman (jam)
$\eta$	=	efisiensi inhibitor (%)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Logam Aluminium

Hasil analisa dengan teknik SEM-EDS, spektrum spesimen dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1 terdapat spektrum aluminium (Al), Seng (Zn) dan Oksigen (O) dengan kandungan Aluminium sebesar 96,72, Seng 0,24 dan Oksigen 3,04 % berat.


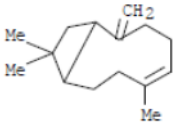
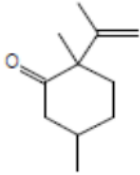
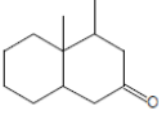
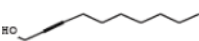
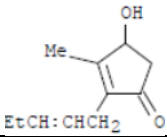
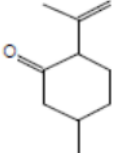
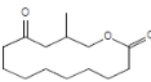


Gambar 1. Spektrum Spesimen

### Karakterisasi Ekstrak Daun Karamunting

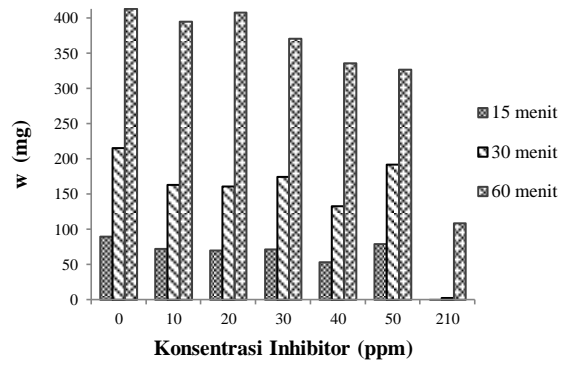
Hasil analisa GC-MS menunjukkan bahwa senyawa-senyawa yang terkandung pada ekstrak daun karamunting merupakan senyawa yang mengandung heteroatom O dan ikatan rangkap (Tabel 2). Adanya heteroatom "O" dan elektron pi dari senyawa organik bertindak sebagai situs reaksi dalam proses adsorpsi [14].

**Tabel 1.** Identifikasi Kandungan Senyawa Daun Karamunting

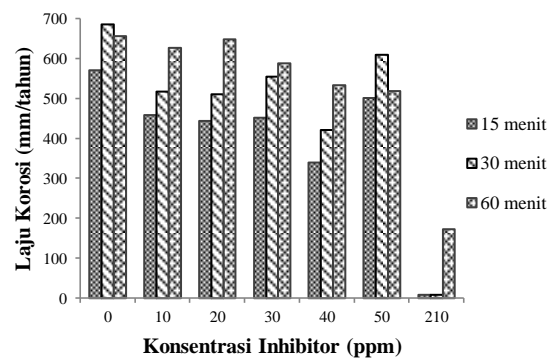
Struktur Senyawa	Nama
	<i>Tetramethyl-1,3-cyclobutanedione</i>
	<i>Caryophyllene</i>
	<i>Cyclohexanone, dimethyl-2-(1-methylethenyl)</i>
	<i>2(1H)-Naphthalenone, octahydro-4,4a-dimethyl-, (4.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)-</i>
	<i>2-Decyn-1-ol</i>
	<i>2-Cyclopenten-1-one,4-hydroxy-3-methyl-2-(2-pentenyl)</i>
	<i>Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)</i>
	<i>Oxacyclotetradecane-2,11-dione, 13-methyl-</i>

**Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Pada Larutan NaOH 1 M Dan HCl 1 M**

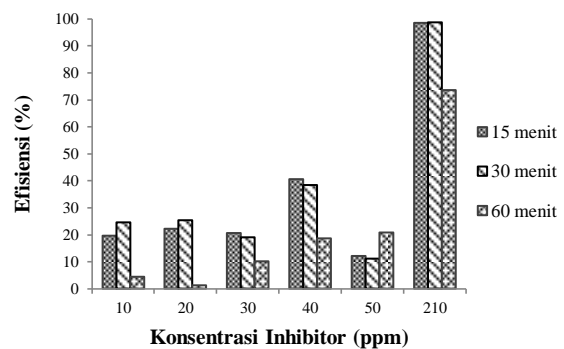
Uji perendaman aluminium dengan dan tanpa ekstrak inhibitor telah dilakukan pada larutan NaOH 1 M dan HCl 1 M. Pengaruh konsentrasi inhibitor dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



(a) Berat Aluminium

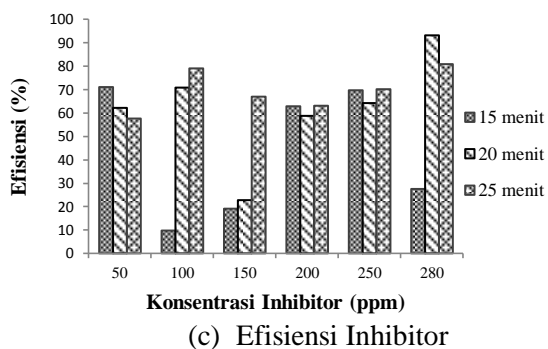
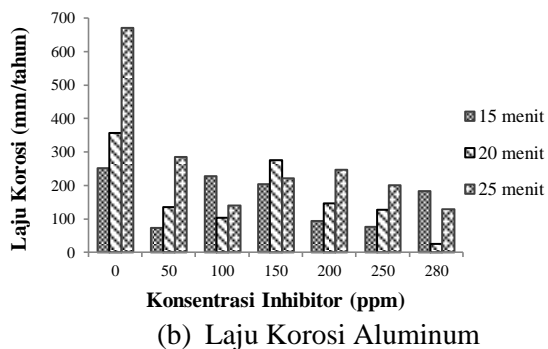
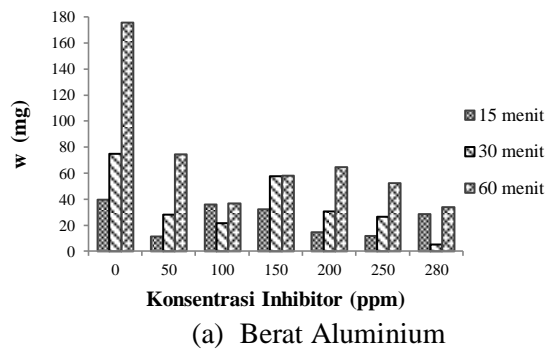


(b) Laju Korosi Aluminium



(c) Efisiensi Inhibitor

**Gambar 2.** Pengaruh Konsentrasi Inhibitor dalam Larutan NaOH 1 M



**Gambar 3.** Pengaruh Konsentrasi inhibitor dalam Larutan HCl 1 M

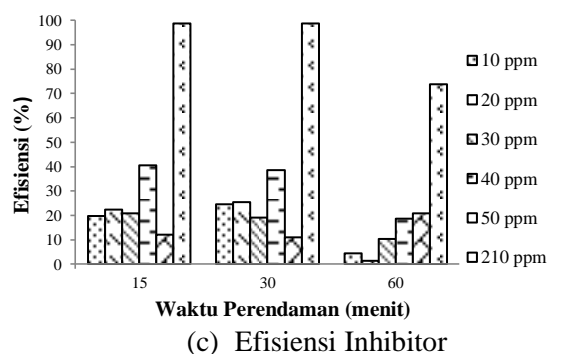
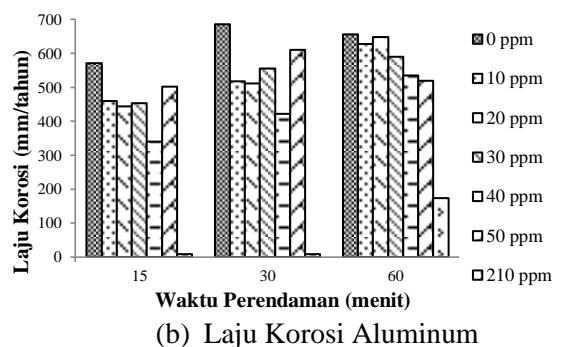
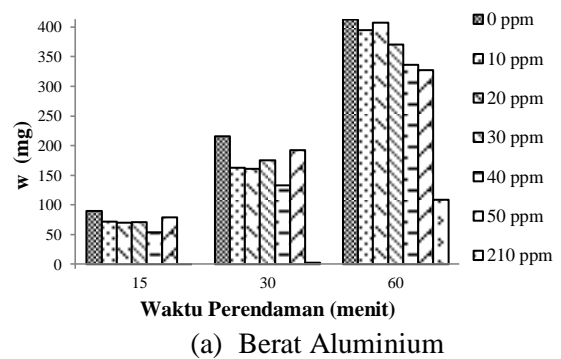
Pada Gambar 2 dan 3 dapat dilihat bahwa makin tinggi konsentrasi inhibitor, makin sedikit berat aluminium yang terkorosi sehingga laju korosi aluminium mengalami penurunan dan efisiensi penggunaan inhibitor cenderung meningkat baik pada larutan NaOH maupun HCl.

Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Abiola dan Otaigbe [9] yang menggunakan ekstrak *Phyllanthus amarus* pada media korosif NaOH, Abiola dan Tobun [15] yang menggunakan inhibitor dari air kelapa pada media korosif HCl serta Oguzie [16] yang menggunakan ekstrak daun *Sansevieria trifasciata* pada media korosif KOH dan HCl.

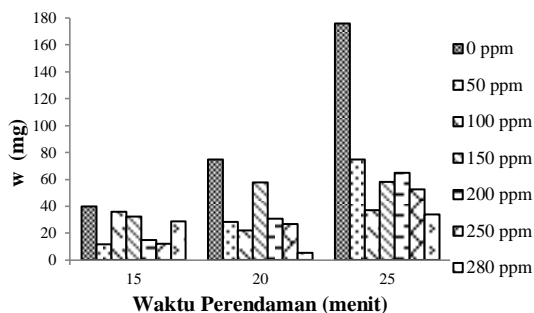
Hasil penelitian dilaporkan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor, dapat menurunkan laju korosi aluminium sehingga efisiensi atau daya inhibisi suatu inhibitor makin meningkat. Persentase tertinggi yang diperoleh dapat berkisar antara 70-95%. Pada konsentrasi tertinggi (Gambar 2c dan 3c) dapat diketahui efisiensi penggunaan inhibitor mencapai 98% pada larutan NaOH dan 93% pada larutan HCl.

### Pengaruh Waktu Perendaman pada Larutan NaOH 1 M dan HCl 1 M

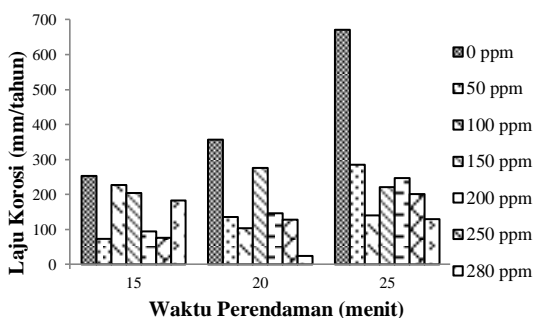
Pengaruh waktu perendaman dengan dan tanpa ekstrak inhibitor dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



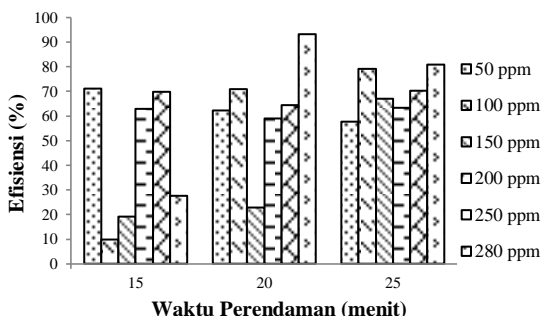
**Gambar 4.** Pengaruh Waktu Perendaman dalam Larutan NaOH 1 M



(a) Berat Aluminium



(b) Laju Korosi Aluminium



(c) Efisiensi Inhibitor

**Gambar 5.** Pengaruh Waktu Perendaman dalam Larutan HCl 1 M

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 dapat dilihat pada larutan NaOH dan HCl, korosi merupakan peristiwa yang tidak dapat dihindari. Makin lama waktu perendaman, berat aluminium yang terkorosi semakin tinggi. Hal ini serupa dengan penelitian yang ditunjukkan oleh Abiola dan Otaigbe [9] sehingga laju korosi cenderung meningkat dan efisiensi cenderung menurun. Namun laju korosi logam aluminium yang diberi inhibitor lebih lambat laju korosinya daripada tidak menggunakan inhibitor. Pada variabel waktu perendaman tertinggi masing-masing efisiensi diperoleh sebesar 73,66% pada larutan NaOH dan 80,78% pada larutan HCl.

### Analisis Data

Regresi matematis dapat digunakan untuk representasi data sebagaimana yang dilakukan oleh Khadom dkk [17] menggunakan model regresi untuk memprediksi laju korosi logam baja dalam larutan HCl.

Pada penelitian ini, model yang digunakan adalah model regresi linier (persamaan 4). Untuk mengevaluasi koefisien persamaan digunakan perangkat lunak MINITAB 19.

$$y = \alpha + \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \quad (4)$$

Model yang diusulkan yakni regresi linier berganda sebagaimana tampak pada persamaan 5 dengan  $x_1$  adalah konsentrasi inhibitor,  $x_2$  adalah waktu perendaman dan  $y$  adalah laju korosi, dengan tingkat kepercayaan 95%.

Model regresi pada larutan NaOH dapat dilihat pada persamaan 6 dan larutan HCl pada persamaan 7. Pada Tabel 2 dan 3 merupakan perbandingan antara pengukuran laju korosi aluminium secara eksperimen dengan perhitungan laju korosi berdasarkan prediksi dengan menggunakan persamaan regresi yang diperoleh.

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \epsilon_{total} \quad (5)$$

$$y = 495,7 - 2,536 x_1 + 2,943 x_2$$

$$(R^2 = 90,19\%, R = 0,95, P\text{-value} = 0,000, \epsilon_{total} = 32,13) \quad (6)$$

$$y = 85 - 0,748 x_1 + 11,20 x_2$$

$$(R^2 = 41,15\%, R = 0,642, P\text{-value} = 0,008, \epsilon_{total} = 131,48) \quad (7)$$

Untuk mengetahui pengaruh variabel bebas ( $x_1$  dan  $x_2$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ) dapat dilihat dari nilai  $P$  Regression pada *Analysis of Variance* sebesar 0,000 pada larutan NaOH dan 0,008 pada Larutan HCl. Nilai  $P$  yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 maka disimpulkan bahwa secara simultan variabel konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman mempunyai pengaruh bermakna atau signifikan terhadap laju korosi aluminium baik pada larutan NaOH maupun HCl.

**Tabel 2.** Laju Korosi Aluminium Eksperimen dan Prediksi dalam Larutan NaOH 1 M

No	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Waktu Perendaman (menit)	Laju Korosi Eksperimen (mm/tahun)	Laju Korosi Prediksi (mm/tahun)
1		15	570,72	539,88
2	0	30	685,75	584,03
3		60	656,20	672,32
4		15	458,86	514,52
5	10	30	517,97	558,67
6		60	627,60	646,96
7		15	443,61	489,16
8	20	30	511,29	533,31
9		60	648,09	621,60
10		15	452,51	463,80
11	30	30	555,78	507,95
12		60	589,15	596,24
13		15	339,38	438,44
14	40	30	422,00	482,59
15		60	534,33	570,88
16		15	502,08	413,08
17	50	30	610,12	457,23
18		60	519,56	545,52
19		15	8,07	7,32
20	210	30	8,77	51,46
21		60	172,87	139,76

Secara umum, koefisien determinasi ( $R^2$ ) merupakan koefisien yang menunjukkan kesesuaian model regresi [18]. Pada larutan NaOH, koefisien determinasi yang diperoleh sebesar 90,19% dan pada larutan HCl 41,15%. Sehingga sisanya 9,81 % dan 58,85% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti seperti suhu, pH, konsentrasi media korosif dan lain-lain, sebagaimana yang dilakukan oleh Zahidah dkk [19] dan Prabhu dkk [20].

Koefisien korelasi (R) merupakan koefisien yang menunjukkan keeratan hubungan antara variabel bebas dan terikat. Nilai koefisien hingga 0,30 menunjukkan hubungan yang rendah dan validitas yang tidak pasti; antara 0,50 dan 0,70 menunjukkan hubungan yang signifikan dan penting; sedangkan di atas 0,90 memiliki hubungan yang kuat [17]. Pada penelitian ini, koefisien korelasi yang diperoleh pada larutan NaOH yakni sebesar 0,95 dan pada larutan HCl yakni sebesar 0,642.

**Tabel 3.** Laju Korosi Aluminium Eksperimen dan Prediksi dalam Larutan HCl 1 M

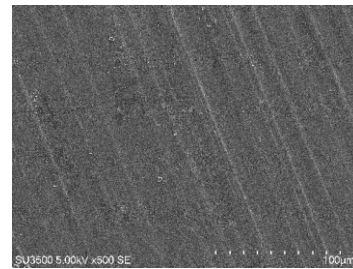
No	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Waktu Perendaman (menit)	Laju Korosi Eksperimen (mm/tahun)	Laju Korosi Prediksi (mm/tahun)
1		15	252,31	252,79
2	0	20	356,54	308,80
3		25	670,75	364,80
4		15	73,09	215,40
5	50	20	134,89	271,41
6		25	284,85	327,42
7		15	227,52	178,02
8	100	20	103,91	234,03
9		25	140,71	290,04
10		15	204,01	140,64
11	150	20	275,51	196,65
12		25	221,55	252,66
13		15	94,06	103,26
14	200	20	146,81	159,26
15		25	247,10	215,27
16		15	76,27	65,87
17	250	20	127,27	121,88
18		25	200,58	177,89
19		15	183,04	43,44
20	280	20	24,79	99,45
21		25	128,89	155,46

Dari kedua koefisien ini, menandakan bahwa model regresi linier pada larutan NaOH lebih representatif dalam memprediksi laju korosi aluminium pada berbagai kondisi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3, dimana nilai prediksi laju korosi pada larutan NaOH lebih mendekati nilai laju korosi eksperimen daripada nilai prediksi laju korosi pada larutan HCl. Hal serupa ditunjukkan oleh Khadom dkk [17] yang melakukan uji perendaman logam baja dalam larutan HCl yaitu nilai koefisien korelasi pada regresi linier berganda diperoleh hanya 0,601.

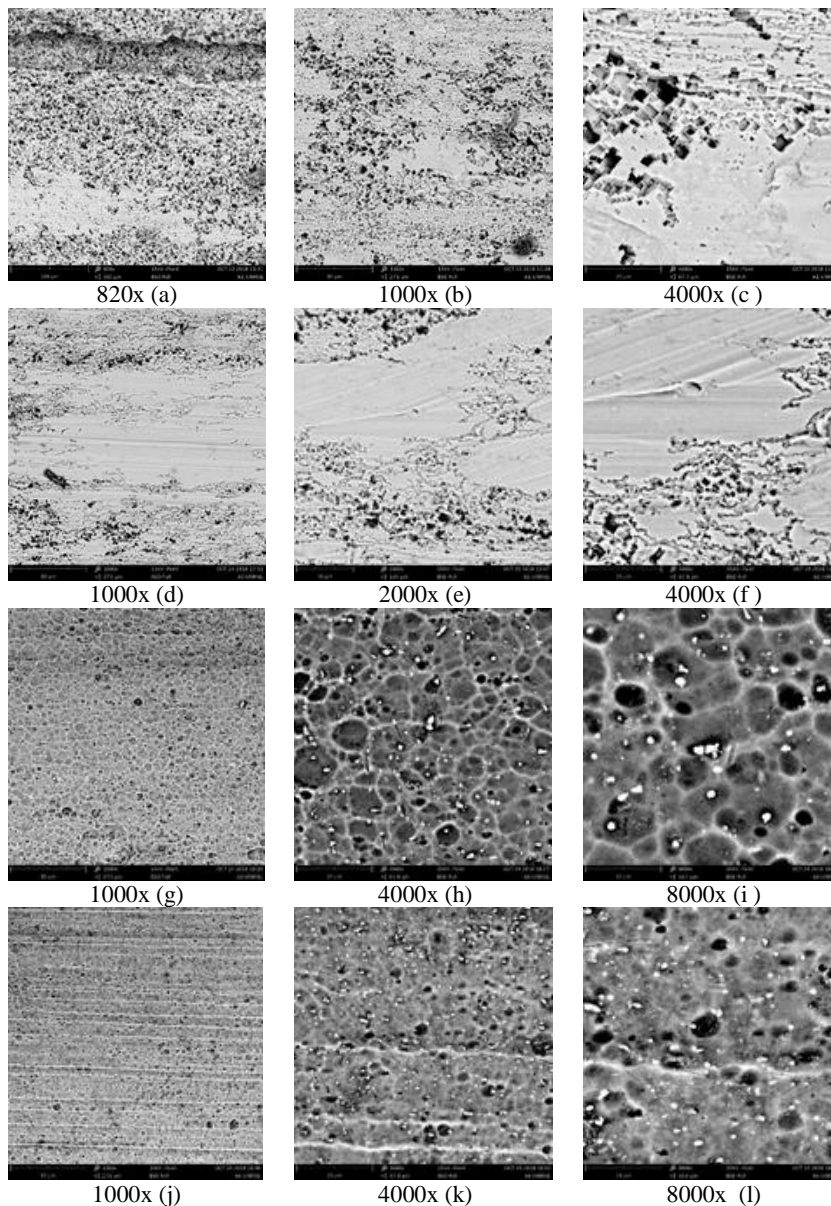
### Evaluasi Permukaan Spesimen

Hasil analisa *Scanning Electron Microscopy (SEM)* terhadap permukaan logam aluminium baik sebelum dilakukan uji perendaman (Gambar 6) dan setelah uji perendaman dengan inhibitor maupun tanpa inhibitor dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil analisa SEM dengan perbesaran 820-8000x dapat dilihat bahwa sampel aluminium sebelum perendaman tampak halus dan hanya muncul beberapa goresan yang kasar pada permukaan (Gambar 6). Setelah uji perendaman, terjadi korosi pada logam aluminium dalam larutan asam dan basa secara agresif. Permukaan logam aluminium yang diberi inhibitor lebih rendah tingkat kerusakannya dibandingkan tanpa diberi inhibitor.



**Gambar 6.** Permukaan Aluminium Sebelum Uji Perendaman



**Gambar 7.** Permukaan Logam Aluminium Tanpa Inhibitor dalam Larutan HCl (a,b,c)  
Permukaan Logam Aluminium dengan Inhibitor 280 ppm dalam Larutan HCl (d,e,f)  
Permukaan Logam Aluminium Tanpa Inhibitor dalam Larutan NaOH (g,h,i)  
Permukaan Logam Aluminium dengan Inhibitor 210 ppm dalam Larutan NaOH (j,k,l)



## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun karamunting yang ditambahkan ke dalam larutan korosif NaOH 1 M dan HCl 1 M dapat menurunkan laju korosi aluminium dan efisiensi penghambatan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Makin lama waktu perendaman, laju korosi cenderung meningkat dan efisiensi menurun. Namun laju korosi logam aluminium dapat diperlambat dengan menambahkan inhibitor. Kandungan ekstrak daun karamunting terdiri dari senyawa heteroatom oksigen dan ikatan rangkap. Investigasi pada permukaan aluminium yang diberi inhibitor dan tanpa inhibitor menunjukkan adanya tingkat kerusakan yang lebih rendah pada permukaan aluminium yang diberi inhibitor. Model regresi linier dapat digunakan untuk memprediksi laju korosi aluminium.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Mulawarman yang telah memfasilitasi penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, "Executive Summary Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber Daya Mineral Status 2016," Bandung, 2016.
- [2] D. Prabhu and P. Rao, "Coriandrum Sativum L. - A Novel Green Inhibitor for the Corrosion Inhibition of Aluminium in 1.0 M Phosphoric Acid Solution," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 676–683, 2013, doi: 10.1016/j.jece.2013.07.004.
- [3] P. Deepa and R. Padmalatha, "Corrosion Behaviour of 6063 Aluminium Alloy in Acidic and in Alkaline Media," *Arab. J. Chem.*, vol. 10, pp. S2234–S2244, 2017, doi: 10.1016/j.arabjc.2013.07.059.
- [4] M. Mokhtar *et al.*, "Journal of Industrial and Engineering Chemistry Recent Developments in Materials for Aluminum – Air Batteries: A review," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 32, pp. 1–20, 2015, doi: 10.1016/j.jiec.2015.08.004.
- [5] M. Pino, D. Herranz, J. Chacón, E. Fatás, and P. Ocón, "Carbon Treated Commercial Aluminium Alloys as Anodes for Aluminium-air Batteries in Sodium Chloride Electrolyte," *J. Power Sources*, vol. 326, pp. 296–302, 2016, doi: 10.1016/j.jpowsour.2016.06.118.
- [6] A. H. Al-Moubaraki, A. A. Al-Howiti, M. M. Al-Dailami, and E. A. Al-Ghamdi, "Role of Aqueous Extract of Celery (*Apium Graveolens* L.) Seeds Against the Corrosion of Aluminium/Sodium Hydroxide Systems," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 5, pp. 4194–4205, 2017, doi: 10.1016/j.jece.2017.08.015.
- [7] S. Deng and X. Li, "Inhibition by Jasminum Nudiflorum Lindl. Leaves Extract of the Corrosion of Aluminium in HCl Solution," *Corros. Sci.*, vol. 64, pp. 253–262, 2012, doi: 10.1016/j.corsci.2012.07.017.
- [8] A. Singh, I. Ahamad, and M. A. Quraishi, "Piper Longum Extract as Green Corrosion Inhibitor for Aluminium in NaOH Solution," *Arab. J. Chem.*, vol. 9, pp. S1584–S1589, 2016, doi: 10.1016/j.arabjc.2012.04.029.
- [9] O. K. Abiola and J. O. E. Otaigbe, "The Effects of Phyllanthus Amarus Extract on Corrosion and Kinetics of Corrosion Process of Aluminum in Alkaline Solution," *Corros. Sci.*, vol. 51, no. 11, pp. 2790–2793, 2009, doi: 10.1016/j.corsci.2009.07.006.
- [10] I. U. Anozie, C. S. Akoma, and L. A. Nnanna, "Corrosion Inhibition of Aluminium Alloy in Acidic Medium by Euphorbia Hirta and Dialium Guineense Extracts," *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 79–88, 2011, [Online]. Available: www.ijopaasat.in.
- [11] L. A. Nnanna, I. U. Anozie, C. S. Akoma, I. M. Mejeha, K. B. Okeoma, and K. I. Mejeh, "Corrosion Control of Aluminium Alloy in Alkaline Solution Using Some Leave Extracts," *Am. J. Mater. Sci.*, 2012, doi: 10.5923/j.materials.20110102.12.
- [12] N. Chaubey, V. K. Singh, and M. A. Quraishi, "Papaya Peel Extract as Potential Corrosion Inhibitor for Aluminium Alloy in 1 M HCl: Electrochemical and Quantum Chemical Study," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 9, no. 4, pp. 1131–1140, 2018,

- doi: 10.1016/j.asej.2016.04.010.
- [13] J. V. Nardeli, C. S. Fugivara, M. Taryba, E. R. P. Pinto, M. F. Montemor, and A. V. Benedetti, "Tannin: A Natural Corrosion Inhibitor for Aluminum Alloys," *Prog. Org. Coatings*, vol. 135, no. April, pp. 368–381, 2019, doi: 10.1016/j.porgcoat.2019.05.035.
- [14] S. A. Xavier Stango and U. Vijayalakshmi, "Studies on Corrosion Inhibitory Effect and Adsorption Behavior of Waste Materials on Mild Steel in Acidic Medium," *J. Asian Ceram. Soc.*, vol. 6, no. 1, pp. 20–29, 2018, doi: 10.1080/21870764.2018.1439608.
- [15] O. K. Abiola and Y. Tobun, "Cocos Nucifera L. Water as Green Corrosion Inhibitor for Acid Corrosion of Aluminium in HCl Solution," *Chinese Chem. Lett.*, vol. 21, no. 12, pp. 1449–1452, 2010, doi: 10.1016/j.ccllet.2010.07.008.
- [16] E. E. Oguzie, "Corrosion Inhibition of Aluminium in Acidic and Alkaline Media by *Sansevieria Trifasciata* Extract," *Corros. Sci.*, vol. 49, no. 3, pp. 1527–1539, 2007, doi: 10.1016/j.corsci.2006.08.009.
- [17] A. A. Khadom, A. N. Abd, and N. A. Ahmed, "Xanthium Strumarium Leaves Extracts as A Friendly Corrosion Inhibitor of Low Carbon Steel in Hydrochloric Acid: Kinetics and Mathematical Studies," *South African J. Chem. Eng.*, vol. 25, pp. 13–21, 2018, doi: 10.1016/j.sajce.2017.11.002.
- [18] C. L. Cheng, Shalabh, and G. Garg, "Coefficient of Determination for Multiple Measurement Error Models," *J. Multivar. Anal.*, vol. 126, pp. 137–152, 2014, doi: 10.1016/j.jmva.2014.01.006.
- [19] K. A. Zahidah *et al.*, "Statistical Analysis of Effective Variable Parameters on Corrosion Rate of X52 Carbons Steel," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 22, pp. 12929–12936, 2016.
- [20] P. R. Prabhu, D. Prabhu, and P. Rao, "Analysis of *Garcinia Indica* Choisy Extract as Eco-friendly Corrosion Inhibitor for Aluminum in Phosphoric Acid Using the Design of Experiment," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 3, pp. 3622–3631, 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2020.01.100.