

Submitted : 14 Januari 2018

Revised : 15 Januari 2018

Accepted : 19 Mei 2018

STUDI LAJU KOROSI LOGAM ALUMINIUM DENGAN PENAMBAHAN INHIBITOR DARI EKSTRAK DAUN KARAMUNTING (*RHODOMYRTUS TOMENTOSA*) DALAM LARUTAN NaOH

Indah Lestari¹, Rodyatunnisa¹, Nurul Sakinah¹, Mardiah^{1*}

¹Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman
Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

*Email : mardiah@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Korosi merupakan salah satu proses perusakan material karena adanya suatu reaksi antara logam dengan lingkungan. Besi merupakan logam yang mudah berkarat. Tetapi korosi logam tidak terbatas hanya pada besi, karena akan banyak logam yang ternyata mengalami proses korosi juga salah satunya aluminium. Aluminium adalah logam lunak dan ringan dan memiliki warna keperakan kusam karena lapisan tipis oksidasi yang terbentuk saat unsur ini terkena udara. Salah satu pencegahan korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi yang dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan organik. Daun karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) mengandung tanin yang dapat digunakan untuk mencegah atau memperlambat terjadinya korosi. Metode perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengukuran kehilangan berat dengan analisa gravimetri. Inhibitor ini digunakan pada logam aluminium yang direndam dalam larutan NaOH 1 M. Konsentrasi inhibitor dari ekstrak daun karamunting adalah 20 ppm (*part per million*) dengan variasi waktu 5, 15, 30, 45 dan 60 menit. Laju korosi pada aluminium sebelum penambahan inhibitor dengan variasi waktu berturut-turut adalah 0,047, 0,0598, 0,0719, 0,0786 dan 0,0688 g/cm.menit. Sedangkan laju korosi pada aluminium setelah adanya penambahan inhibitor yakni 0,0356, 0,0465, 0,0536, 0,0757 dan 0,0658 g/cm.menit dengan daya inhibisi berturut-turut 24,26%, 22,27%, 25,44%, 3,65% dan 1,23%. Dengan demikian adanya inhibitor dari ekstrak daun karamunting menyebabkan laju korosi pada aluminium yang direndam dalam larutan NaOH 1 M menjadi lebih lambat.

Kata kunci : daya inhibisi, inhibitor, korosi, dan laju korosi.

Abstract

*Corrosion is one of the processes of material destruction due to a reaction between metal and the environment. Iron is a rusty metal. But the metal corrosion is not limited to iron only, because there will be a lot of metals that turn out to be corrosion process also one of aluminum. Aluminum is soft and light metal and has a dull silvery color due to the thin layer of oxidation that is formed when this element is exposed to air. One of the prevention of corrosion is by using corrosion inhibitor which can be made by using organic materials. The caramunting leaf (*Rhodomyrtus tomentosa*) contains tannins which can be used to prevent or slow corrosion. Calculation method used in this research is weight loss measurement method with gravimetric analysis. This inhibitor is used in aluminium metal immersed in 1 M NaOH solution. The inhibitor concentration of caramunting leaf extract is 20 ppm (*part per million*) with variations of time 5, 15, 30, 45 and 60 min. The corrosion rate on aluminium before addition of inhibitor with time variation is 0,047, 0,0598, 0,0719, 0,0786 and 0,0688 g/cm.menit. While the rate of corrosion on aluminium after the addition of inhibitor that is 0,0356, 0,0465, 0,0536, 0,0757 and 0,0658 g/cm.menit with inhibition power respectively 24,26%, 22,27%, 25,44%, 3,65% and 1,23%. Thus, the inhibitor of caramunting leaf extracts causes the corrosion rate of aluminium soaked in 1M NaOH solution to be slower.*

Keywords: corrosion, inhibitor, corrosion rate and inhibition power.

1. PENDAHULUAN

Korosi telah menjadi kajian yang sangat menarik bagi ilmuwan, karena keberadaannya dapat dikatakan sebagai musuh besar yang dapat menimbulkan kerugian yang begitu banyaknya pada kehidupan manusia. Institut Battelle pernah menaksir kerugian yang diderita oleh Amerika Serikat akibat korosi mencapai 70 milyar dolar (Avner, 1987). Penelitian yang lain yang dilakukan di Inggris, diperkirakan 1 ton baja berubah menjadi karat pada setiap 90 detik (Allen, 1982).

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam karena adanya suatu reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan. Proses perusakan material yang terjadi menyebabkan turunnya kualitas material logam tersebut (Pattireuw, Jones, Kevin, Abdul Rauf, Fentje dan Cresano, Romels, 2013).

Konsentrasi bahan korosif berhubungan dengan keasaman atau kebasahan suatu larutan logam yang berada pada lingkungan asam akan cepat korosi sedangkan larutan basa juga akan terkena korosi juga. Saat ini ada beberapa cara pencegahan korosi yaitu pemilihan logam yang tahan korosi, perubahan lingkungan, perlindungan anodik dan katodik (Callister, 1997).

Salah satu logam yang dapat terkorosi selain besi adalah aluminium. Aluminium murni 100% tidak memiliki kandungan unsur apapun selain aluminium itu sendiri, namun aluminium murni yang dijual di pasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terkandung di dalamnya. Saat ini aluminium menjadi logam kedua yang sering digunakan setelah besi dalam berbagai industri di dunia (James, 2004).

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu paduan tempa (*wrought alloy*) dan paduan cor (*cast alloy*). Keduanya memiliki jenis-jenis yang berbeda dengan disimbolkan kode yang telah distandarisasi oleh ANSI H35 (James, 2004). Salah satu metode yang terus di kaji saat ini adalah pencegahan korosi dengan menggunakan inhibitor korosi (Ilim dan Beni, 2008).

Inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju korosi yang terjadi pada lingkungan tersebut terhadap suatu logam di dalamnya (Akhmad Gumelar, Agung, 2011). Untuk mengatasi masalah korosi pada logam seperti aluminium digunakan inhibitor korosi korosi dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan organik seperti tanaman, tumbuhan dan buah-buahan. Inhibitor korosi dengan bahan-bahan organik memiliki harga yang lebih murah dan ramah lingkungan dibandingkan dengan inhibitor kimia yang bersifat toksik. Dengan adanya penambahan inhibitor korosi, tingkat korosi yang terjadi terhadap logam dalam suatu larutan dapat berkurang.

Sementara itu, tanaman karamunting adalah sejenis tumbuhan dengan pohon berkayu. Ciri-ciri tumbuhan ini termasuk dalam kelompok perdu, daun

tunggal, pangkal daun membulat, tepi daun rata, ujung daun meruncing. Bunga termasuk bunga majemuk berwarna ungu kemerah merahan, buahnya dapat dimakan (Kristian, Andy dan Setyo Purwanto, 2015)

Tanaman karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) merupakan gulma dan hanya dibiarkan menjadi semak belukar serta tidak dimanfaatkan dengan maksimal. Dari hasil penapisan fitokimia pada daun dan buah karamunting diketahui positif mengandung senyawa tanin (Putri, Ayu Linda dkk, 2015).

Penelitian ini telah dilakukan studi korosi logam aluminium dalam media basa menggunakan larutan NaOH 1 M untuk untuk mengetahui pengaruh inhibitor korosi dari sampel organik ekstrak daun karamunting terhadap laju korosi pada logam aluminium.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah daun karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*). Bahan dipetik dalam kondisi segar dan untuk kemudian diberikan pengkondisian pada bahan sebelum diekstraksi.

Metode yang digunakan adalah ekstraksi secara sokletasi dan selanjutnya pemisahan menggunakan destilasi. Dalam ekstraksi sokletasi campuran daun karamunting dengan etanol diekstrak hingga mendapatkan ekstrak daun karamunting. Lalu setelah dilakukan ekstraksi sokletasi, residu yang diperoleh didestilasi untuk memisahkan etanol dengan ekstrak, selanjutnya ekstrak dievaporasi dan dimasukkan ke dalam *desiccator*.

Setelah didapatkan ekstrak daun karamunting maka dapat dilakukan metode pengukuran kehilangan berat dan analisa gravimetri.

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu daun karamunting segar, spesimen logam aluminium, larutan NaOH 1 M, *aquadest* dan etanol.

Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu *oven*, *desiccator*, rangkaian alat destilasi, rangkaian alat *soxhletasi*, neraca analitik, corong pisah, gelas kimia, gelas ukur, erlenmeyer, pipet ukur, labu ukur, *stopwatch*, alu dan mortar.

2.2 Preparasi Medium Korosif

Medium korosif yang digunakan adalah larutan NaOH 1 M. Padatan NaOH ditimbang sebanyak 10 gram. Dimasukkan *aquadest* ke dalam labu ukur sebanyak 50 ml. Kemudian ditambahkan padatan NaOH sebanyak 10 gram ke dalam labu ukur yang telah berisi *aquadest* dan bilas dengan *aquadest* sisa padatan ke dalam labu ukur. Selanjutnya dihomogenkan hingga padatan NaOH tercampur. Kemudian ditambahkan *aquadest* ke dalam labu ukur 250 ml hingga batas *meniscus* labu ukur 250 ml sehingga didapatkan larutan NaOH 1 M.

2.3 Inhibitor dari Ekstrak Daun Karamunting

Inhibitor yang digunakan menggunakan ekstrak daun karamunting. Daun karamunting disiapkan dan dikeringkan terlebih dahulu dengan di angin-anginkan lalu dikeringkan daun karamunting dengan menggunakan oven. Kemudian daun yang telah kering dihancurkan hingga membentuk serbuk. Selanjutnya serbuk daun karamunting ditimbang sebanyak 15 gram. Serbuk daun karamunting yang telah ditimbang kemudian diekstraksi dengan ekstraksi soxhletasi menggunakan pelarut etanol sebanyak 300 ml. Setelah itu, larutan di distilasi untuk memisahkan etanol dengan ekstrak daun karamunting. Filtrat yang telah ditampung kemudian dievaporasi, untuk memisahkan ekstrak dari pelarutnya. Ekstrak kasar yang diperoleh ditimbang sebanyak 25 mg dan dilarutkan dengan 25 ml etanol. Dan didapatkan larutan inhibitor dengan konsentrasi 1000 ppm.

2.4 Larutan Campuran Media Korosif dan Larutan Inhibitor

Konsentrasi larutan inhibitor dengan ekstrak daun karamunting yang digunakan yakni 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm. Larutan NaOH 1 M sebanyak 20 ml dimasukkan ke dalam 5 labu ukur 100 ml, kemudian ditambahkan larutan inhibitor 1000 ppm sebanyak 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL dan 5 mL ke dalam labu ukur yang berisi larutan NaOH 20 ml dan diencerkan dengan aquadest hingga batas miniscus sehingga didapatkan larutan campuran inhibitor dengan masing-masing konsentrasi yaitu 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm.

2.5 Preparasi Benda Uji

Benda uji berupa logam aluminium dipotong dengan ukuran 5 cm x 2 cm x 0,01 cm. Benda uji tersebut dibersihkan dari kotoran (lemak dan debu) dengan menggunakan aquadest dan aseton. Setelah itu ditimbang berat awal masing-masing spesimen sebelum diuji.

2.6 Pengujian Korosi

Sampel Aluminium yang telah disiapkan masing-masing dicelupkan ke dalam larutan campuran NaOH dan larutan inhibitor sebanyak 60 ml. Variasi konsentrasi larutan inhibitor adalah 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm. Sedangkan waktu Perendaman (5 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 120 menit). Setelah perendaman dengan waktu tertentu, spesimen dikeluarkan, dicuci dengan sikat tabung sambil dialiri aliran air dan aseton untuk menghilangkan produk korosi, lalu dikeringkan dengan menggunakan aliran udara panas. Setelah itu spesimen ditimbang kembali sebagai bobot akhir.

2.7 Analisa Gravimetri

Analisa dari Studi Laju Korosi Logam Aluminium dalam Larutan Basa dengan Penambahan Ekstrak Daun Karamunting (*Rhodomyrtus Tomentosa*) sebagai Inhibitor menggunakan analisa Gravimetri.

Setelah proses korosi berjalan dalam waktu tertentu, logam aluminium tersebut diangkat dari

media korosi, kemudian dibersihkan dan dicuci secara hati-hati. Selanjutnya logam aluminium yang telah bersih dibiarkan mengering selama ± 15 menit dan ditimbang hingga didapatkan berat yang konstan sebagai berat akhirnya.

Laju korosi dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\%I = \frac{r_u - r_p}{r_u} \times 100 \tag{1}$$

$$\theta = \frac{\%I}{100} \tag{2}$$

$$\text{Laju korosi (milimeter/tahun)} = \frac{87.6 w}{DA t} \tag{3}$$

Dimana r_u adalah laju korosi tanpa inhibitor dan r_p adalah laju korosi dengan inhibitor, w adalah berat logam aluminium yang hilang, D adalah densitas logam aluminium, A adalah luas logam aluminium dan t adalah waktu imersi (perendaman). I adalah efesiensi inhibisi dan θ adalah cakupan permukaan (*surface coverage*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Korosi merupakan proses yang terjadi secara alami dan tidak akan bisa berhenti selama logam tersebut masih berada di lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak logam dengan cara mengikis logam yang kemudian akan menurunkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut.

Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa media yang digunakan dapat menyebabkan korosi seperti larutan NaOH 1 M pada suhu kamar dan tekanan atmosfer.. Adapun nilai kehilangan material (laju korosi) logam aluminium sebagai fungsi waktu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju Korosi, Daya Inhibisi dan Surface Coverage sebagai Fungsi Waktu

C (ppm)	t (menit)	Laju Korosi (mm/tahun)	I	θ
0	60	13,3995	0	0
20	60	13,2341	1,23%	0,012
30	60	12,0304	10,22%	0,102
40	60	10,9110	18,57%	0,185
50	60	10,6093	20,82%	0,208

Pada Tabel 1 Laju Korosi, Daya Inhibisi dan Surface Coverage sebagai Fungsi Waktu menunjukkan bahwa tingkat korosi menurun dan daya inhibisi dari ekstrak karamunting tersebut semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor. Kehilangan material (laju korosi) logam aluminium sebagai fungsi konsentrasi ekstrak karamunting dalam larutan NaOH 1 M dengan variasi waktu perendaman dapat dilihat pada Tabel 2.

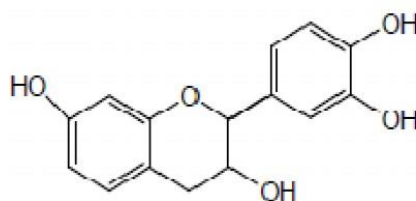
Tabel 2. Laju Korosi, Daya Inhibisi dan Surface Coverage sebagai Fungsi Konsentrasi

t (menit)	r _u	r _p	I (%)	θ
5	9,1493	6,93013	24,26	0,24
15	11,654	9,05848	22,27	0,22
30	14,003	10,4406	25,44	0,25
45	15,3094	14,7514	3,65	0,03
60	13,3995	13,2340	1,23	0,01

Pada Tabel 2 Laju Korosi, Daya Inhibisi dan Surface Coverage sebagai Fungsi Konsentrasi menunjukkan bahwa laju korosi meningkat seiring dengan lamanya waktu perendaman logam aluminium tersebut, sedangkan daya inhibisi menurun seiring dengan lama waktu perendaman. Hasil ini menunjukkan bahwa inhibitor ekstrak daun karamunting berperan sebagai inhibitor korosi untuk logam aluminium dalam larutan NaOH pada konsentrasi yang dipelajari yaitu 20 ppm dan menandakan terjadinya penghambatan korosi logam aluminium dalam larutan NaOH. Logam aluminium yang diberi inhibitor lebih lambat laju korosinya dibandingkan dengan logam aluminium yang diimmersikan ke dalam larutan NaOH tanpa

penambahan inhibitor. Hal ini menunjukkan bahwa sampel organik dari ekstrak daun karamunting tersebut teradsorpsi ke permukaan aluminium sehingga terjadi pemblokiran lokasi reaksi, dan melindungi aluminium dari serangan OH⁻ ion agresif dari larutan alkali.

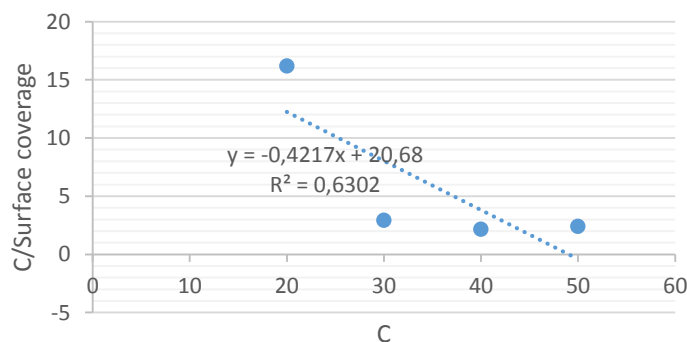
Ada beberapa jenis senyawa organik pada ekstrak daun karamunting, yaitu: flavonoid, kuinon, polifenolat, steroid dan triterpenoid. Selain itu, mengandung senyawa aktif permukaan non-volatil yang dikenal sebagai saponin dan tanin. Saponin adalah senyawa kompleks yang terdiri dari satu atau lebih monosakarida ditambah dengan aglikon non-polar, dengan berat molekul lebih dari 500. Tanin adalah senyawa yang larut dalam air, ester dari asam alifatik dan fenolik atau oligomer dan polimer dari polihidroksi flora- Unit 3-ol dengan berat molekul antara 500 dan 3000. Tanin merupakan salah satu jenis senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Tanin merupakan senyawa makromolekul golongan polifenol yang bersifat polar sehingga ekstraksi tanin dilakukan menggunakan pelarut polar. Struktur molekul tanin dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Struktur Molekul Tanin

Tanin dapat menghambat korosi karena tanin dapat membentuk senyawa kompleks. Senyawa kompleks yang dibentuk oleh tanin nantinya akan melapisi logam sehingga berguna untuk menghambat terjadinya korosi. Gugus fungsi yang berperan dalam interaksi antar molekul-molekul tanin dan permukaan aluminium membentuk selaput pelindung adalah gugus hidroksil. Gugus hidroksil pada molekul tanin dapat membentuk ikatan kovalen dengan aluminium.

Hal ini didukung oleh fakta bahwa semakin banyak tanin yang teradsorpsi, semakin besar daya inhibisinya, sehingga laju korosi semakin berkurang. Adsorpsi senyawa ini pada permukaan aluminium mengurangi luas permukaan yang tersedia untuk serangan ion OH⁻ agresif dari larutan alkali. Seperti yang disajikan pada Tabel 1. Laju Korosi, Daya Inhibisi dan Surface Coverage sebagai Fungsi Waktu, terdapat penurunan nilai korosi yang signifikan dengan penambahan inhibitor.



Gambar 2. Model Adsorpsi Ishoterm Langmuir Inhibitor pada permukaan Logam Aluminium

Sebagaimana tampak pada Gambar 2. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Inhibitor pada permukaan Logam Aluminium diketahui besarnya konsentrasi inhibitor dari ekstrak daun karamunting terhadap konsentrasi per cakupan permukaan (*surface coverage*). Koefisien korelasi linier yang didapatkan dengan memplot antara C (konsentrasi inhibitor) terhadap C/Ø yaitu 0,6302.

Hal ini menegaskan bahwa penghambatan korosi disebabkan oleh adanya proses adsorpsi senyawa organik pada permukaan logam aluminium. Dalam hasil penelitian, adsorpsi isoterm yang didapatkan tidak konstan (tidak mendatar) tetapi didapatkan meningkat.

Hasil adsorpsi yang didapatkan sesuai dengan mematuhi teori Adsorpsi Isoterm Langmuir seperti pada persamaan berikut:

$$\frac{c}{\phi} = c + \frac{1}{K} \quad (4)$$

Teori Adsorpsi Isoterm Langmuir yakni asumsi dimana adsorben mempunyai permukaan yang homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbannya pada

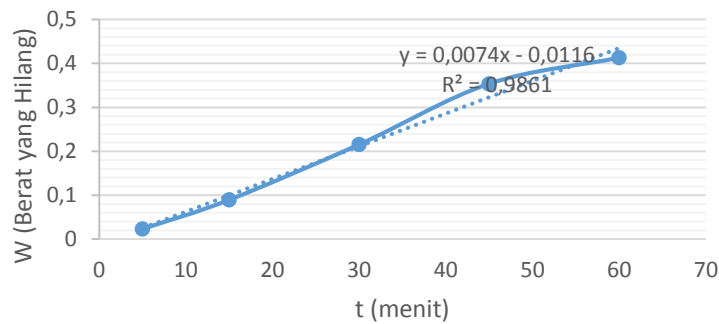
suhu tetap, tidak ada interaksi antara molekul-molekul yang terserap.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu konsentrasi, luas permukaan dan waktu kontak.

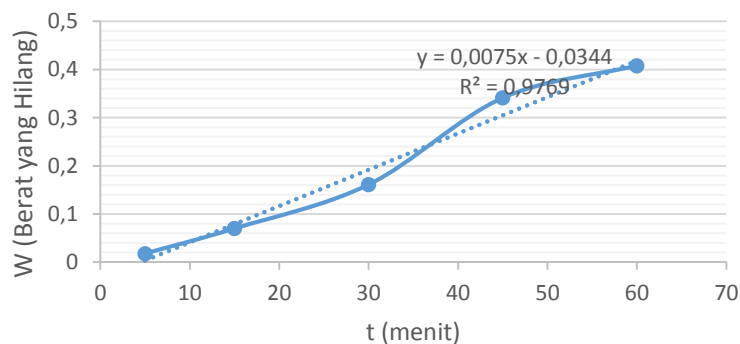
Tabel 3. Berat Logam Aluminium yang Hilang dalam Medium Korosif

t (menit)	Berat tanpa Inhibitor	Berat dengan Penambahan Inhibitor
5	0,0235	0,0178
15	0,0898	0,0698
30	0,2158	0,1609
45	0,3539	0,341
60	0,413	0,4079

Adapun model kinetika korosi logam aluminium dengan penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun karamunting dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Model Kinetika Orde 0 untuk Korosi Logam Aluminium Tanpa Penambahan Inhibitor



Gambar 4. Model Kinetika Orde 0 untuk Korosi Logam Aluminium dengan Penambahan Inhibitor

Pada Gambar 3. Model Kinetika Orde 0 untuk Korosi Logam Aluminium Tanpa Penambahan Inhibitor dan Gambar 4. Model Kinetika Orde 0 untuk Korosi Logam Aluminium dengan Penambahan Inhibitor menunjukkan bagaimana pengaruh lamanya waktu perendaman terhadap berat logam aluminium yang hilang. Pengaruh waktu perendaman berbanding lurus dengan berat logam yang hilang. Semakin lama waktu

perendaman maka semakin besar pula berat logam aluminium yang hilang. Dengan memplot antara waktu (t) dan berat yang hilang (Wt) dengan mengikuti persamaan :

$$Wt = kt \quad (5)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, diperoleh persamaan garis lurus atau linier pada logam aluminium tanpa penambahan inhibitor yaitu 0,9861 sedangkan dengan adanya penambahan inhibitor yaitu 0,9769 sehingga kinetika korosi logam aluminium baik tanpa ataupun dengan penambahan inhibitor mengikuti kinetika reaksi orde nol (0).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Dengan adanya penambahan ekstrak daun karamunting sebagai inhibitor korosi terbukti mampu menghambat laju korosi pada logam aluminium dalam larutan NaOH 1 M yang berlangsung pada suhu kamar (30°C) dan tekanan atmosfer (1 atm). Pada konsentrasi inhibitor dari ekstrak daun karamunting 20 ppm dengan variasi waktu 5 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit didapatkan daya inhibisi berturut-turut yaitu 24,26%, 22,27%, 25,44%, 3,65% dan 1,23%.
2. Koefisien korelasi linier yang didapatkan yaitu 0,6302 sehingga dapat diketahui bahwa proses penghambatan korosi disebabkan oleh adanya adsorpsi senyawa organik pada permukaan logam aluminium dan proses adsorpsi sesuai dengan berdasarkan teori Adsorpsi Isoterm Langmuir.
3. Hubungan kinetika korosi logam aluminium baik tanpa ataupun dengan penambahan inhibitor mengikuti kinetika reaksi orde 0 (nol) yang didapatkan dari pengukuran penurunan berat aluminium terhadap waktu perendaman aluminium. Dari persamaan garis lurus atau linier pada logam aluminium tanpa penambahan inhibitor diperoleh regresi 0,9861 sedangkan dengan adanya penambahan inhibitor yaitu 0,9769.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Avner, S.H. 1987. *Introduction to Physical Metallurgy*, Mc Graw-Hill Inc. Singapore
- Allen, M. D., & Ames, D. W. 1982. *Interaction and Stray Current Effect on Buried Pipelines Six Case Histories*. The present Status, Institution of Corrosion Science & Technology, Science Division. London.
- Callister. 1997. *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Umum. Jakarta
- Ilim dan Beni. 2008. *Pemanfaatan Inhibitor Organik*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- James K. Wessel. 2004. *Handbook of Advanced Materials*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey
- Kristian, Andy dan Setyo Purwanto. 2015. *Pengaruh Inhibitor Kafeina terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B dalam Media Air Laut*. BATAN PUSPITEK. Tangerang.
- Pattireuw, Jones, Kevin, Abdul Rauf, Fentje dan Cresano, Romels. 2013. *Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan*

- H₂SO₄*. Teknik Mesin. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Putri, Ayu Linda,dkk. 2015. *Pengaruh Perbedaan Ekstraksi terhadap Kadar Senyawa yang Berpotensi Memiliki Analgetik Dari Ekstrak Daun dan Buah Karamunting. (Rhodomyrtus tomentosa)*.Universitas Islam Bandung. Bandung
- Akhmad Gumelar, Agung. 2011. *Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Teh Roselia (Hibbicus sabdariffa) sebagai Green Corrosion Inhibitor untuk Material Baja Karbon Rendah di Lingkungan NaCl 3,5% pada Temperatur 50 Derajat Celsius*. Skripsi. Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.