

PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK DAUN SUNGKAI SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK TERHADAP LAJU KOROSI PAKU BESI DALAM MEDIUM LARUTAN NaCl

Elis Diana Ulfa^{1*)}, Nur Aeni¹⁾

¹⁾ Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Kota Samarinda

*Email Korespondensi: edulfa@gmail.com

ABSTRAK

Sungkai (*Peronema canescens*) sering disebut sebagai jati sabrang atau ki sabrang memiliki daun berbentuk sirip ganjil dan majemuk yang terletak berpasangan atau berselang serta lancip pada ujung daunnya. Hasil uji fitokimia fraksi etanol daun sungkai terbukti mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan fenolik. Adanya senyawa tanin dalam daun sungkai dijadikan dasar pemanfaatannya sebagai inhibitor korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ekstrak daun sungkai sebagai inhibitor organik terhadap laju korosi paku besi dalam medium larutan NaCl. Pada penelitian ini paku besi direndam dalam media korosi larutan NaCl 3% yang ditambahkan ekstrak daun sungkai bervariasi konsentrasinya, yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% selama 7 hari. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa penambahan ekstrak daun sungkai dapat menurunkan nilai laju korosi pada paku besi dalam medium larutan NaCl 3%. Laju korosi terendah paku besi terjadi pada penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai 3% sebesar 0,106837 mpy dengan efisiensi inhibisi sebesar 80,306%.

Kata kunci: Daun Sungkai, Efisiensi Inhibisi, Laju Korosi, Larutan NaCl, Paku Besi

ABSTRACT

Sungkai (Peronema canescens) is often referred to as jati sabrang or ki sabrang, has odd, compound fin-shaped leaves that are located in pairs and taper at the ends. The results of the phytochemical test of the ethanol fraction of sungkai leaves proved to contain flavonoid compounds, alkaloids, tannins, saponins, and phenolics. The presence of tannin compounds in sungkai leaves is used as the basis for its use as a corrosion inhibitor. This study aims to determine the effect of the concentration of sungkai leaf extract as an organic inhibitor on the rate of corrosion of iron nails in NaCl solution. In this study, iron nails were immersed in the corrosion medium of 3% NaCl solution added with sungkai leaf extract in varying concentrations, namely 1%, 2%, 3%, 4% and 5% for 7 days. Based on the results of the study, it can be seen that the addition of sungkai leaf extract can reduce the corrosion rate of iron nails in 3% NaCl solution. The lowest corrosion rate of iron nails occurred at the addition of 3% sungkai leaf extract concentration of 0.106837 mpy with an inhibition efficiency of 80.306%.

Keywords: Corrosion Rate, Inhibition Efficiency, Iron Nails, NaCl Solution, Sungkai Leaf

PENDAHULUAN

Sungkai (*Peronema canescens*) sering disebut sebagai jati sabrang, ki sabrang, kurus sungkai, atau sekai, termasuk tanaman kayu-kayuan dengan diameter mencapai 60 cm dan mampu tumbuh hingga setinggi 20-30 m dan memiliki batang bebas cabang sekitar 15 m. Tanaman sungkai dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-600 mdpl pada cuaca tropis dengan rata-rata curah hujan tahunan 2100-2700 mm. Di Indonesia tanaman sungkai tersebar diberapa wilayah, yaitu di Sumatra Barat, Sumatra Selatan, Jambi, Bengkulu, Lampung, Jawa Barat dan seluruh Kalimantan. Tanaman ini sejatinya adalah tumbuhan liar yang bernilai ekonomis sehingga banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Biasanya tanaman sungkai dapat dijumpai di hutan, kebun, maupun halaman. Sungkai dapat tumbuh dengan mudah dan tidak perlu perawatan

khusus, sehingga tanaman ini juga digunakan sebagai pembatas atau pagar hidup pekarangan rumah [1], [2].

Daun sungkai bersirip ganjil dan majemuk yang terletak berpasangan atau berselang serta lancip pada ujung daunnya. Secara tradisional, daun sungkai digunakan untuk mengobati beberapa penyakit, seperti pilek, cacingan, sakit gigi dan penurunan panas [2]. Daun sungkai memiliki khasiat obat karena kandungan berbagai senyawa kimia yang dikenal sebagai metabolit sekunder. Hasil uji fitokimia fraksi etanol daun sungkai terbukti mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan fenolik [3].

Adanya senyawa tanin dalam daun sungkai dijadikan dasar pemanfaatannya sebagai inhibitor korosi. Tanin adalah suatu senyawa polifenol dan dari struktur kimianya dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu tanin terhidrolisis (*hidrolizable tannin*) dan tanin terkondensasi (*condensed tannin*) [4]. Polifenol dapat berfungsi sebagai penangkap dan pengikat radikal bebas dari rusaknya ion-ion logam. Tanin banyak mengandung senyawa polifenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Senyawa tanin tidak larut dalam pelarut non polar, seperti eter, kloroform dan benzena tetapi mudah larut dalam air, dioksan, aseton, dan alkohol serta sedikit larut dalam etil asetat [5].

Bahan alam mempunyai kandungan selain lemak yang dapat menghambat laju korosi, yaitu seperti senyawa protein, saponin, tanin dan alkaloid [6]. Senyawa-senyawa kompleks tersebut berfungsi sebagai penghalang serangan ion-ion korosif ke permukaan logam [7]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bahan alam dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi logam. Misal ekstrak dari daun karamunting dapat menghambat laju korosi pada aluminium yang direndam dalam larutan NaOH 1 M [8], ekstrak kulit jeruk dan kulit maggis dapat menurunkan laju korosi pada baja karbon dalam media NaCl 3,5% [9], dan ekstrak daun teh, daun jambu biji dan biji kopi dapat menghambat laju korosi pada material pipa dalam air laut butan [10].

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 [11]. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan korosi suatu material adalah pengaruh konsentrasi media korosi. Pada media air laut, ion-ion klorida menjadi salah satu sumber masalah terhadap material yang mengalami korosi. Semakin banyak konsentrasi ion-ion klorida maka dapat mempercepat proses korosi yang terjadi di lingkungan laut [12]. Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi [13].

Besi termasuk logam yang mudah berkarat. Karat besi merupakan zat yang dihasilkan pada peristiwa korosi, yaitu berupa zat padat berwarna coklat kemerahan yang bersifat rapuh serta berpori. Bila dibiarkan, lama kelamaan besi akan habis menjadi karat. Dampak dari peristiwa korosi bersifat sangat merugikan. Contoh nyata adalah keroposnya jembatan, bodi mobil, ataupun berbagai konstruksi dari besi lainnya. Banyak cara untuk menghambat terjadinya korosi, salah satunya dengan menggunakan inhibitor korosi. 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 didalamnya [14]. Menurut bahan dasar pembuatannya inhibitor korosi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan anorganik dan organik. Inhibitor korosi organik yaitu inhibitor korosi yang berasal dari bahan alami yang tersedia di alam. inhibitor organik selain dapat menghambat laju korosi. Inhibitor alami memiliki sifat non-toksik, murah, mudah didapatkan dan dapat diperbaharui [15]

Inhibitor organik merupakan inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin yang ditemukan pada daun, akar, kulit, buah, kulit buah dan batang

tumbuhan. Proses ekstrak bahan alam ini dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti maserasi, infundasi, digesti, perkolasi dan sokletasi [16]. Pada penelitian ini, daun sungkai diekstrak dengan metode sokletasi. Hasil ekstraksi digunakan sebagai inhibitor organik pada korosi besi dengan media larutan NaCl 3%. Dilakukan variasi konsentrasi ekstrak daun sungkai mengetahui pengaruh inhibitor organik ekstrak daun sungkai terhadap laju korosi pada paku besi dalam medium larutan NaCl 3%.

METODE PENELITIAN

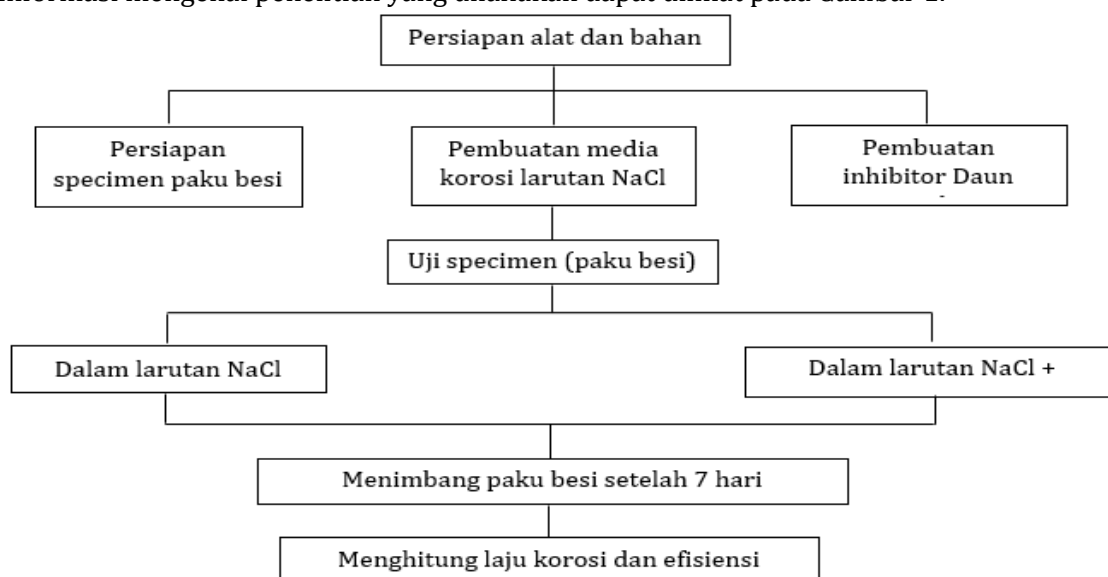
A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu ukur, blender, ayakan 60 mesh, desikator, penangas listrik, pipet tetes, pipet volum, bulb, gelas kimia, gelas ukur, 1 set alat destilasi, oven, neraca analitik, magnetic stirrer, spatula, batang pengaduk, benang dan amplas.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun sungkai, paku besi 4 inci, kertas saring, NaCl 3% (Merck), etanol 96%, NaHCO₃ 0,1 M (Merck), cairan pembersih karat, aquades dan FeCl₃ 1% (Merck).

B. Prosedur Kerja

Diagram alir digunakan untuk memudahkan pemahaman pembaca terhadap informasi mengenai penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

1. Persiapan Spesimen Paku Besi

Sebanyak 6 buah paku besi yang rata-rata berdimensi panjang 5,4 cm dan diameter 0,3 mm serta berat rata-rata 3,18 gram. 5 buah paku diberi perlakuan dengan penambahan variasi konsentrasi inhibitor dan 1 buah tanpa penambahan inhibitor untuk perendaman dengan larutan NaCl 3%. Permukaan paku dihaluskan dengan amplas kemudian direndam dalam larutan natrium karbonat 0,1 M. Selanjutnya, paku dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 20 menit. Lalu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang (Wo).

2. Persiapan Serbuk Daun Sungkai

Daun sungkai yang didapatkan dipotong dan dikeringkan sinar matahari sampai kering. Setelah itu daun sungkai yang sudah kering diblender sehingga mendapatkan bubuk kasar daun sungkai dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 60 mesh untuk mendapatkan serbuk daun sungkai.

3. Pembuatan Larutan Inhibitor (Ekstraksi)

Sebanyak 100 gram serbuk daun sungkai dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan etanol absolut 500 mL. Selanjutnya campuran dishacker dan dibiarkan selama 48 jam. Hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring sehingga didapatkan filtrat. Filtrat didestilasi untuk memisahkan pelarut etanol. Hasil ekstraknya dilakukan analisis kualitatif untuk mengetahui adanya tanin. Kemudian ekstrak pekat yang didapatkan dibuat dalam 5 variasi konsentrasi, yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%.

4. Analisis Kualitatif Ekstrak Daun Sungkai

Sebanyak 1 mL ekstrak daun sungkai dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 5 tetes FeCl_3 1% kemudian campuran dihomogenkan. Terbentuknya warna hitam kehijauan atau biru kehitaman pada campuran menunjukkan adanya senyawa tanin.

5. Perendaman Paku Dalam Medium Korosi

Sampel paku besi yang telah disiapkan masing-masing direndam dalam medium korosi NaCl 3%. Perendaman sampel paku dilakukan selama 7 hari dengan 2 cara yaitu perendaman tanpa penambahan inhibitor dan perendaman dengan penambahan larutan inhibitor dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Kemudian ditentukan laju korosi dan efisiensi inhibisi dengan rumus berikut [17]:

$$CR = \frac{3.15 \times 10^6 \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

$$\text{Efisiensi Inhibisi} = \frac{C_{ra} - C_{rb}}{C_{ra}} \quad (2)$$

Dimana:

- CR = Laju Korosi (mpy)
- W = massa yang hilang (gram)
- D = Densitas specimen (g/cm^3)
- As = Luas permukaan spesimen (cm^2)
- T = Waktu perendaman (jam)
- C_{ra} = laju korosi tanpa penambahan ekstrak (mpy)
- C_{rb} = laju korosi dengan penambahan ekstrak (mpy)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Kualitatif Tanin Ekstrak Daun Sungkai

Ekstrak daun sungkai diperoleh dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% selama 48 jam. Ekstrak yang diperoleh dilakukan analisis kualitatif tanin dengan cara menambahkan reagen FeCl_3 1%. Data pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengamatan diperoleh warna spesifik yaitu hijau kehitaman yang menunjukkan bahwa ekstrak daun sungkai positif mengandung senyawa tanin. Hal ini sesuai cara klasik untuk mendeteksi senyawa fenol sederhana yaitu menambahkan ekstrak dengan larutan FeCl_3 1% dalam air, yang menimbulkan warna hijau, merah, ungu, biru dan hitam kuat [5].

Tabel 1 Analisa Kualitatif Tanin Ekstrak Daun Sungkai

Ekstrak daun sungkai	Larutan FeCl_3 1%	Warna larutan
1 mL	5 tetes	Warna hitam kehijauan yang menunjukkan adanya tanin

2. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Sungkai Terhadap Laju Korosi Pada Paku Besi

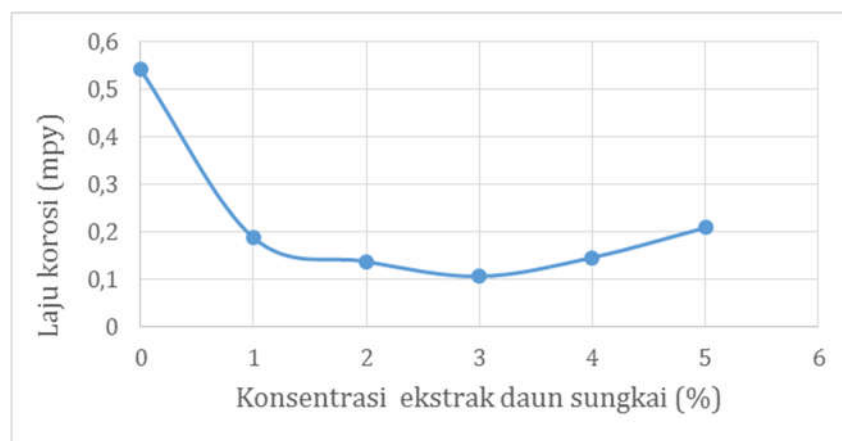
Penentuan laju korosi berdasarkan metode kehilangan berat atau disebut *weight loss*, yaitu menghitung kehilangan berat yang terjadi setelah beberapa waktu pencelupan. Berat awal dari masing-masing paku besi tersebut ditimbang terlebih dahulu kemudian

dilakukan perendaman selama 168 jam di dalam larutan NaCl 3% yang bertindak sebagai media korosif dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun sungkai yang berbeda yaitu, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Hasil pengurangan berat pada paku besi dikonversikan menjadi laju korosi dan ditentukan efisiensi inhibisi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengaruh konsentrasi ekstrak daun sungkai terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi pada paku besi

No.	Konsentrasi Ekstrak Daun Sungkai (%)	Kehilangan Massa (gram)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibisi (%)
1.	0	0,0121	0,542498	0
2.	1	0,0042	0,188311	65,288
3.	2	0,0031	0,137955	74,570
4.	3	0,0024	0,106837	80,306
5.	4	0,0033	0,146377	73,017
6.	5	0,0047	0,209031	61,468

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa ada perbedaan antara sampel paku besi yang ditambahkan dan tanpa ditambahkan larutan inhibitor ekstrak daun sungkai dalam medium NaCl 3%. Hubungan laju korosi terhadap konsentrasi ekstrak daun sungkai dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Sungkai Terhadap Laju Korosi Pada Paku Besi

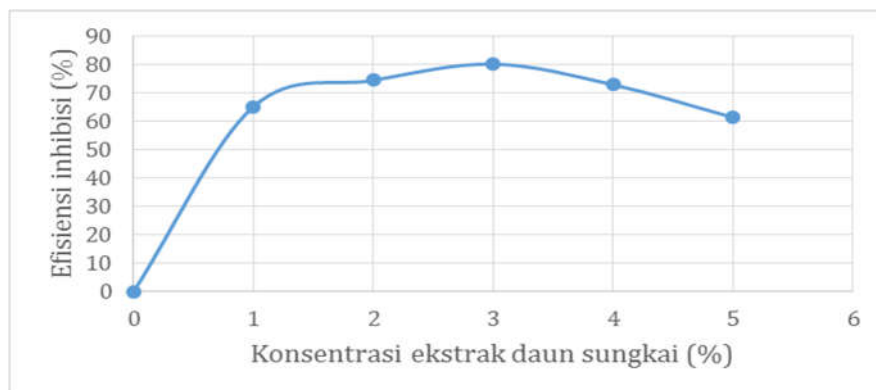
Gambar 2 menunjukkan ada perbedaan antara sampel paku besi yang ditambahkan dan tanpa ditambahkan larutan inhibitor ekstrak daun sungkai dalam medium NaCl 3%. Pengujian laju korosi pada perendaman paku besi yang diberikan ekstrak daun sungkai cenderung menurun untuk setiap kenaikan konsentrasi ekstrak daun sungkai dari konsentrasi 1%, 2%, sampai dengan 3%. Penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun sungkai mengakibatkan bertambahnya kemampuan untuk mencegah terjadinya korosi yang ditandai dengan turunnya laju korosi. Hal ini disebabkan adanya kandungan senyawa tanin dalam ekstrak daun sungkai. Senyawa tanin yang terdapat dalam ekstrak daun sungkai dapat menghambat korosi dengan membentuk senyawa kompleks antara tanin dengan Fe(III) dipermukaan logam. Senyawa kompleks ini akan melapisi permukaan logam sehingga dapat menghambat laju korosi pada paku besi.

Penurunan laju korosi terhadap konsentrasi inhibitor ekstrak daun ditandai dengan kehilangan massa paku besi. Semakin lama waktu perendaman, maka semakin banyak terbentuk lapisan $\text{Fe}(\text{OH})_2$, sehingga menghalangi difusi $\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$ ke permukaan sampel sehingga kehilangan berat menjadi semakin turun [18]. Laju korosi tertinggi terjadi sebelum penambahan inhibitor (0%) sebesar 0,542498 mpy dan laju korosi terendah terjadi pada penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai 3% sebesar 0,106837 mpy.

Penelitian ini terjadi kenaikan laju korosi pada penambahan inhibitor ekstrak daun sungkai dengan konsentrasi 4% dan 5%. Hal ini disebabkan oleh lapisan Fe-tanin ekstrak daun sungkai tidak bisa menutupi seluruh permukaan paku, sehingga pada bagian yang tidak tertutupi menyebabkan Fe dapat terion dan mengalami korosi. Kenaikan laju korosi juga disebabkan oleh pengotor-pengotor dalam ekstrak daun sungkai yang menempel pada permukaan paku besi. Hal serupa juga terjadi pada korosi baja yang ditambahkan oleh ekstrak daun pepaya [19].

3. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Sungkai Terhadap Efisiensi Inhibisi Pada Paku Besi

Efisiensi inhibisi menunjukkan presentase penurunan laju korosi akibat penambahan inhibitor. Semakin kecil laju korosi maka efisiensi inhibisi tersebut semakin besar dan nilai efisiensi inhibisi ini bergantung pada konsentrasi inhibitor yang ditambahkan. Data pengaruh konsentrasi ekstrak daun sungkai terhadap efisiensi inhibisi pada paku besi dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan data tersebut efisiensi inhibisi cenderung meningkat untuk setiap penambahan konsentrasi inhibitor. Efisiensi inhibisi ekstrak daun sungkai yang dihasilkan berbeda-beda tergantung pada konsentrasi inhibitor dan media korosif seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 3 Grafik Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Sungkai Terhadap Efisiensi Inhibisi Pada Paku Besi

Gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi cenderung meningkat untuk setiap penambahan konsentrasi inhibitor. Efisiensi inhibisi ekstrak daun sungkai yang dihasilkan berbeda-beda tergantung pada konsentrasi inhibitor dan media korosif. Efisiensi inhibisi tertinggi yang dihasilkan adalah pada konsentrasi inhibitor 3% dalam medium korosif NaCl 3%. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut senyawa kompleks Fe-tanin terbentuk dengan sempurna dan menutupi seluruh permukaan paku besi. Sehingga dapat menghalangi serangan larutan NaCl 3% dan memperlambat proses korosi pada permukaan paku besi. Pada konsentrasi inhibitor ekstrak daun sungkai 4% dan 5%, efisiensi inhibisinya menurun karena pada konsentrasi tersebut inhibitor sudah tidak dapat lagi berfungsi dengan baik untuk melapisi permukaan paku besi dengan sempurna atau pada konsentrasi tersebut sudah tidak dapat membentuk Fe-tanin dengan sempurna, sehingga ion-ion korosif akan menyerang paku besi tersebut. Penurunan efisiensi inhibisi kemungkinan disebabkan oleh konsentrasi inhibitor yang berlebihan. Konsentrasi inhibitor ekstrak daun sungkai yang berlebih dapat memicu kembali terjadinya korosi berikutnya akibat terjadi reaksi penguraian kembali terhadap lapisan inhibitor yang sudah terbentuk karena telah melewati kejenuhan pada lapisan inhibitor tersebut [20]. Jika sisi aktif yang terdapat pada permukaan dinding penyerap telah jenuh dengan ion logam maka tidak lagi meningkatkan penyerapan ion logam.

KESIMPULAN

Berdasarkan data pengamatan dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan ekstrak daun sungkai dapat menurunkan nilai laju korosi pada paku besi dalam medium larutan NaCl 3%. Laju korosi terendah paku besi terjadi pada penambahan konsentrasi ekstrak daun sungkai 3% sebesar 0,106837 mpy dengan efisiensi inhibisi sebesar 80,306%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Yanarita, Naiem M, Budiadi and Sukarna. (2014). Development of The Dayak Ngaju Indonesia. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology Technology (IOSR-JESTFT) 8(3), 40-47.
- [2] Ningsih A. (2013). Potensi antimikroba dan analisis spektroskopi isolat aktif ekstrak n-Heksan daun sungkai (*Peronema canescens* jack) terhadap beberapa mikroba uji [Tesis]. Pascasarjana Program Studi Farmasi, Universitas Hasanudin. Makassar.
- [3] Prasiwi, D., Agus S., Dewi H. (2018). Aktivitas Fraksi Etanol dari Ekstrak Daun *Peronema canescens* Terhadap Tingkat Pertumbuhan *Plasmodium berghei*. Bengkulu: Universitas Bengkulu, Indonesia.
- [4] Sjostrom, E. (1981). Kimia Kayu Dasar-Dasar dan Penggunaan. Edisi 2 (Terjemahan). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [5] Harborne, J. (1987). Metode Fitokimia: Penuntun cara modern menganalisis tumbuhan. Translated by K. Padmawinata dan I. Soediro. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [6] W. B. Wan Nik, F. Zulkifli, R. Rosliza, M.M. Rahman. (2011). Lawsonia Inermis Green Inhibitor for Corrosion Protection of Aluminium Alloy. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 1(2), 723-728.
- [7] Hermawan, S., Ananda, Nasution, Y. R. A., dan Hasibuan, R. (2012). Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*). Jurnal Teknik Kimia USU. 1(2), 31-33.
- [8] Lestari, I., Mardiah, Ezri P. L., M. Iqbal W., Nurul Sakinah, Putu W., Rodiyatunnisa, Herlina L. N., dan Opie A. F. (2018) Studi Laju Korosi Logam Aluminium dengan Penambahan Inhibitor dari Ekstrak Daun Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) dalam Larutan NaCl. Samarinda: Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
- [9] Tubagus Noor R., Sari KusumaW., Agung Purniawan, BudiAgung K. dan Sulistijono. (2015). Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulit Buah Jeruk Dan Kulit Buah Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon Dalam Media Nacl 3,5%. Jurnal Sains Materi Indonesia. 17(1), 29-33.
- [10] Yanuar, A. P., Pratikno, H., dan Titah, H. S. (2016). Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan. Jurnal Teknik ITS, 5(2), 297-302.
- [11] Pattireuw, Kevin Jones, Fentje Abdul Rauf, dan Romels Cresano. (2013). Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan H₂SO₄. Teknik Mesin. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- [12] Yuliarti, Iftitahul F. (2016). Pengaruh Penambahan Tapioka Pada Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Terhadap Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Api 5L Grade B Pada Lingkungan pH 4 dan pH 7. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik

Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [13] Pramana, R. I. (2012). Studi Ekstrak Daun Beluntas Sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan terhadap Baja Karbon di Lingkungan NaCl 3,5%. Thesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [14] Gumelar, Agung Akhmad. (2011). Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Teh Roselia (*Hibiscus sabdariffa*) sebagai Green Corrosion Inhibitor untuk Material Baja Karbon Rendah di Lingkungan NaCl 3,5% pada Temperatur 50oC. Skripsi. Depok: Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [15] Karim, Azis Abdul. dan Zulkifly A. Yusuf. (2012). Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) 10 (7), 205-212.
- [16] Andi Rustandi, M Johny Wahyudi, Bambang Suharno, Dedi Priadi, Agus Hadi S. (2012). Studi Penggunaan Campuran Natural Green Corrosion Inhibitor Piper Betle dan Green Tea untuk Proteksi Korosi Material Baja API5LX52 di dalam Lingkungan 3,5% NaCl pada Kondisi Turbulen. Disertasi Fakultas Teknik Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- [17] Abdurahman, F. (2010). Pengaruh Waktu Perendaman Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Green Corrosion Inhibitor Di Lingkungan HCl 1 M. Skripsi. Depok: Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [18] Irianty, Rozanna Sri dan Khairat. (2013). Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya*) sebagai Inhibitor Korosi Baja ST.37 dalam Medium Asam Sulfat. Jurnal Teknobiologi.
- [19] Emriadi, Stiadi, Y., Djaloeis, M. (1999). Inhibisi Korosi Baja Untuk Tanin Dalam Larutan Sulfat Dan Campuran Sulfat Klorida. Jurnal Kimia Unand, 5(2), 66-70.
- [20] Yuvita, Evi., Fitriana, Desy dan Zulfalina. 2018. Pengendalian Laju Korosi Pada
- [21] Baja Plat Hitam A36 Dalam Medium Korosif Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Salam. (Jurnal) Jurusan Fisika Universitas Syiah Kuala. 7(2), 67-71.