

PROTEKSI KOROSI PADA BAJA API 5L DENGAN INHIBITOR ORGANIK EKSTRAK DAUN BAWANG DAYAK (*Eleutherme Americana Merr*) DALAM LINGKUNGAN HCL 0,5 M**Damianus Samosir^{1,*} dan Syarifuddin Oko²**

¹) Program Studi Petro dan Oleo Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

²) Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

^{*}) Email : dami_samosir@yahoo.com

(Received: 30-08-22 ; Revised:09-09-22 ; Accepted:10-11-22)

Abstrak

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat adanya reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Banyak faktor yang dapat menyebabkan korosi suatu material. Salah satunya akibat adanya pengaruh konsentrasi asam klorida yang terlarut dalam media air sehingga lingkungan bersifat korosif (asam). Korosi dapat terjadi dalam berbagai macam bentuk, mulai dari korosi merata pada seluruh permukaan logam sampai dengan korosi yang terkonsentrasi pada bagian tertentu saja. Ada banyak metode untuk menghambat proses terjadinya korosi. Salah satu diantara banyak metode yaitu penggunaan inhibitor. Inhibitor organik salah satu jenis inhibitor yang bersifat non-toksik, murah, sudah tersedia di alam, mudah diperbaharui dan tidak merusak lingkungan. Inhibitor organik tersebut diperoleh dengan mengekstrak beberapa bahan yang ada di alam. Dalam penelitian ini inhibitor yang digunakan adalah ekstrak daun bawang dayak. Inhibitor tersebut digunakan pada material baja API 5L dalam media HCl 0,5M. Metode yang digunakan untuk mengambil data laju korosi baja menggunakan metode weight loss. Efisiensi inhibisi mencapai 99,02% untuk penambahan inhibitor dengan konsentrasi 5% dengan lama perendaman 10 hari dengan laju korosi sebesar 4,46 mpy.

Kata Kunci : Korosi; Inhibitor; Laju Korosi; Baja API 5L

Abstract

Corrosion is a decrease in metal quality due to an electrochemical reaction with its environment. Many factors can cause corrosion of a material. One of them is due to the influence of the concentration of chloride acid dissolved in water media so that the environment is corrosive (acidic). Corrosion can occur in various forms, ranging from uniform corrosion on the entire metal surface to corrosion that is concentrated in certain parts. There are many methods to inhibit the corrosion process. One of the many methods is the use of inhibitors. Organic inhibitor is a type of inhibitor that is non-toxic, inexpensive, readily available in nature, easy to renew and does not damage the environment. These organic inhibitors are obtained by extracting some materials that exist in nature. In this study, the inhibitor used was Dayak leek. The inhibitor is used on API 5L steel material in 0.5M HCl media. The method used to retrieve the steel corrosion rate data using the weight loss method. The inhibition efficiency reached 99.02% for the addition of an inhibitor with a concentration of 5% with an immersion time of 10 days with a corrosion rate of 4.46 mpy.

Keywords: Corrosion; Inhibitor; Corrosion Rate, API 5L Steel

PENDAHULUAN

Pada masa industri terkini, alat-alat yang terbuat dari bahan logam semakin banyak digunakan, salah satunya baja API 5L yang banyak digunakan untuk penggunaan/aplikasi perpipaan pada perusahaan minyak dan gas (oil and Gas) (Putra & Pawawoi, 2009). Baja API 5L merupakan baja yang dibuat dan diproduksi berdasarkan standar API yaitu American Petroleum Institute yang mana baja ini mempunyai kadar karbon 0,3 % yang tergolong dalam baja karbon sedang (Habibi, 2008). Salah satu masalah besar dalam penggunaan material tersebut yang berkaitan dengan korosi dan biasanya terjadi kebocoran akibat adanya pengaruh konsentrasi ion klorida yang terlarut dalam media air sehingga lingkungan bersifat korosif (asam) (Supriyadi, 2013).

Korosi merupakan penurunan kualitas logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi dapat terjadi dalam berbagai macam bentuk, mulai dari korosi merata pada seluruh permukaan logam sampai dengan korosi yang terkonsentrasi pada bagian tertentu saja (Palippui dkk., 2021). Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengendalian korosi ialah penambahan inhibitor pada lingkungannya. Penelitian terkait inhibitor korosi telah dilakukan oleh Yunita dkk., (2013) tentang studi penambahan inhibitor organik ekstrak daun bawang tiwai (*Eleutherine americana* Merr) pada baja API 5L dalam lingkungan 3,5% NaCl dengan variabel yang divariasikan adalah variasi.

Konsentrasi inhibitor ekstrak daun bawang tiwai dengan variasi sebesar 0 ppm hingga 500 ppm dengan lama perendaman 10 hari, 20 hari, dan 30 hari dalam media 3,5% NaCl. Metode yang digunakan adalah metode weight loss. Hasil pengujian FTIR menunjukkan ekstrak mengandung senyawa flavonoid yang bertindak sebagai antioksidan dan menghambat korosi. Efisiensi inhibisi mencapai 95,4545% untuk penambahan inhibitor dengan konsentrasi 300 ppm dan lama perendaman 20 hari. Perilaku penghambatan ini juga didukung oleh hasil pengukuran polarisasi dimana laju korosi terendah sebesar 0,00128 mm/year didapatkan pada konsentrasi dan lama perendaman yang sama. Penelitian lain juga dilakukan oleh Permanasari dkk., (2020) tentang penentuan pelarut terbaik pada ekstraksi tanin kulit kayu akasia dan pengaruhnya sebagai inhibitor laju korosi pada baja karbon. Dengan variabel yang divariasikan adalah konsentrasi inhibitor dengan variasi sebesar 4%, 6% dan 8% dengan lama perendaman 12, 24, 36, 48, 60 dan 72 jam dalam media H₂SO₄ 0,5 M, HCl 0,5 M, air laut, dan air tanah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode pengurangan berat. Berdasarkan data yang diperoleh tanin dalam ekstrak kulit kayu akasia cocok digunakan sebagai inhibitor korosi pada media asam seperti H₂SO₄ 0,5 M dan HCl 0,5 M dengan perolehan efisiensi tertinggi secara berturut-turut adalah 81,20 % dan 53,06%.

Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan dapat menurunkan laju korosi yang terjadi pada lingkungan tersebut terhadap suatu logam didalamnya. Penggunaan inhibitor korosi merupakan cara pengendalian laju korosi dengan biaya yang relatif rendah dan praktis untuk diterapkan. Bahan yang memiliki potensial untuk dikembangkan menjadi inhibitor sangat banyak tersedia di alam karena memiliki kemampuan yang baik untuk melindungi dari korosi dan mudah untuk mendapatkannya (Budiarti dkk., 2021). Menurut bahan dasar pembuatannya inhibitor korosi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan anorganik dan organik.

Penggunaan inhibitor organik dari ekstrak alam sangat menarik dikarenakan ekstrak bahan alam ini aman karena bersifat non toksik, mudah didapatkan, bersifat biodegradable dan mudah diperbarui, ekonomis, serta ramah lingkungan. Ekstrak bahan alam yang digunakan adalah senyawa karbon heteroatom yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom -atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya akan berfungsi sebagai ligan membentuk lapisan protektif sehingga dapat melindungi logam dari serangan korosi. Inhibitor organik, biasanya dirancang sebagai pembentuk lapisan/film, melindungi logam dengan membentuk suatu lapisan/film hidrofobik pada permukaan logam. Keefektifannya bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan/film adalah suatu proses adsorpsi, suhu dan tekanan merupakan faktor yang penting (Yatiman, 2009).

Salah satu contoh penggunaan inhibitor organik adalah berasal dari ekstrak daun bawang dayak. Bawang dayak merupakan tanaman herbal yang termasuk kedalam famili Iridaceae. Secara morfologi, tanaman bawang dayak dicirikan dengan daun tunggal berbentuk pita dan berwarna hijau, ujung dan pangkal daun

runcing dengan tepi daun rata (Sirhi dkk., 2017). Daun bawang dayak memiliki kandungan berupa flavonoid, saponin, fenolik dan tanin. Adanya senyawa-senyawa antioksidan inilah yang mendukung pemanfaatan lebih lanjut dari daun bawang dayak sebagai inhibitor organik (Yunita dkk., 2013).

Berdasarkan hal tersebut, ingin dilakukan penelitian dengan melakukan penambahan ekstrak daun bawang dayak sebagai bahan inhibitor organik pada material plat baja API 5L. Media yang digunakan sebagai media korosi yaitu HCl 0,5M. Selanjutnya efek konsentrasi inhibitor dan lama perendaman terhadap kinerja inhibitor dievaluasi melalui metode pengujian korosi weight loss, efisiensi inhibitor, dan uji visual foto makro. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kerja inhibitor ekstrak daun bawang dayak (*Eleutherine americana* Merr) sebagai proteksi terhadap penurunan nilai laju korosi pada baja karbon API 5L dalam larutan HCl 0,5 M.

METODOLOGI

Pada penelitian ini alat yang digunakan antara lain : toples plastik, vacum rotary evaporator, neraca digital, pipet volume 25 ml, pipet ukur 100 ml, pipet ukur 10 ml, erlenmeyer 250 ml, corong kaca, gelas kimia 250 ml, gelas ukur 1000 ml, spatula, batang pengaduk, botol semprot, kertas amplas, aluminium foil, kertas saring, kaca arloji. Dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : plat baja API 5L, daun bawang dayak, etanol 96%, HCl 0,5M, dan aquadest.

A. Preparasi Plat Baja API 5L

Menyiapkan plat (kupon) baja yang akan digunakan. Meratakan plat uji dengan menggunakan kertas amplas dengan ukuran 1000 mesh hingga permukaan plat benar-benar halus. Mencuci bersih dan dilap hingga kering. Membilas plat menggunakan acetone. Mengoven plat baja dengan suhu 80 oC selama kurang lebih 10-15 menit untuk menguapkan acetone mungkin masih menempel pada plat baja. Memberi penomoran pada masing-masing plat baik pada blanko maupun sampel uji. Menimbang massa dari masing-masing plat menggunakan neraca digital dan mencatat hasil timbangan.

B. Pembuatan Larutan HCl 0,5M

Memipet sebanyak 47 ml larutan asam klorida (HCl). Memasukkan kedalam labu ukur 1000 mL. Menambahkan aquadest sampai tanda tera, mengocok hingga homogen. Memindahkan larutan kedalam wadah sampel dan memberikan label nama.

C. Pembuatan Inhibitor Daun Bawang Dayak

Membersihkan daun bawang dayak kemudian menjemur daun bawang dayak hingga kering selama 3-4 hari. Memotong kecil-kecil daun bawang dayak yang sudah kering kemudian menghaluskannya dengan menggunakan blender. Menimbang daun bawang dayak yang sudah halus sebanyak 300 gram. Melarutkan daun bawang dayak halus dengan etanol 96% sebanyak 2 liter. Melakukan maserasi selama 7 hari. Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat. Menguapkan filtrat menggunakan mesin rotary evaporator dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 50°C hingga menghasilkan ekstrak pekat. Membuat konsentrasi inhibitor ekstrak daun bawang dayak dengan variasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5%.

D. Pengujian Inhibitor Daun Bawang Dayak Terhadap Laju Korosi

Menyiapkan HCl 0,5 M sebagai medium pada proses uji rendam. Menyiapkan plat uji yang sudah dipreparasi. Mengaitkan benang yang telah terkait dengan plat ditengah-tengah lidi. Melakukan penomoran untuk masing-masing wadah untuk memudahkan pengamatan. Menenggelamkan plat yang telah dikaitkan dengan benang dan lidi ke dalam masing-masing wadah yang berisi larutan uji rendam sesuai dengan kode penomoran. Memasukkan lidi ke bagian pada sisi atas wadah yang sudah dibolongi agar tidak bergerak. Mengulangi langkah 1-6 dengan variasi konsentrasi inhibitor 1%, 2%, 3%, 4%, 5%. Mendinginkan plat terendam masing-masing selama 10 hari. Mengeluarkan plat dari rendaman setelah waktu perendaman berakhir. Mencuci plat dengan air mengalir, mengeringkan, dan membersihkan karat dengan amplas hingga semua karat hilang tanpa mengikis logam. Merendam plat uji dengan acetone lalu memasukan ke dalam oven dengan suhu 80 oC selama 10-15 menit. Menimbang massa akhir setiap plat

menggunakan neraca digital. Menghitung massa plat yang hilang (weight loss). Menghitung laju korosi yang terjadi dengan standar ASTM G31-72.

HASIL DAN PEMBAHASAN

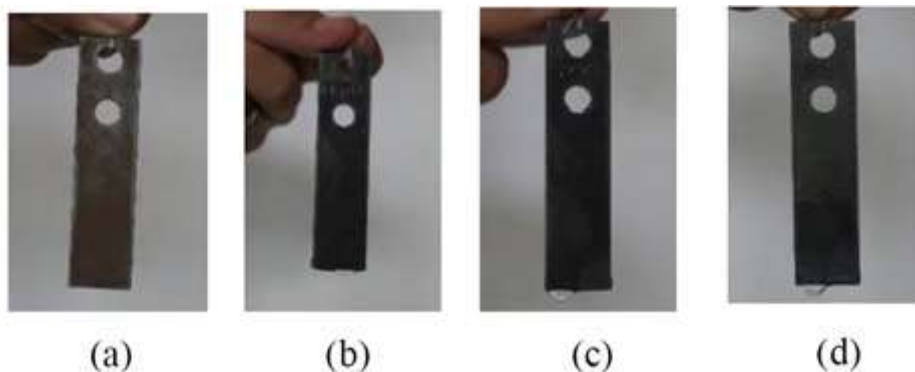
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kerja inhibitor ekstrak daun bawang dayak (*Eleutherine americana* Merr) sebagai proteksi terhadap penurunan nilai laju korosi pada baja karbon API 5L dalam larutan HCl 0,5 M melalui analisa laju korosi, foto makro dan efisiensi inhibisi menggunakan metode kehilangan berat (weight loss). Metode kehilangan berat (weight loss) ini mengacu pada standar ASTM G31-74. Pada penelitian ini sampel plat uji yang digunakan adalah plat baja API 5L (panjang 7,3 cm x lebar 2,2 cm x tebal 0,3 cm) dan waktu yang digunakan untuk perendaman adalah 10 hari (240 jam). Jenis inhibitor yang digunakan adalah inhibitor ekstrak daun bawang dayak untuk menghambat laju korosi pada lingkungan HCl 0,5 M, dalam penelitian ini pengujian laju korosi korosi dilakukan dengan metode weight loss, foto makro, dan efisiensi inhibisi.

Tabel 1. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Bawang Dayak

No	Konsentrasi Inhibitor (%)	Luas Permukaan (in ²)	Weight Loss (mg)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	0	5,11501	7825	457,13	-
1	1	5,8621	172	8,8	98,07
2	2	5,8621	129,4	6,62	98,55
3	3	5,8621	192,6	9,85	97,84
4	4	5,8621	318,2	16,27	96,44
5	5	5,8621	87,2	4,46	99,02

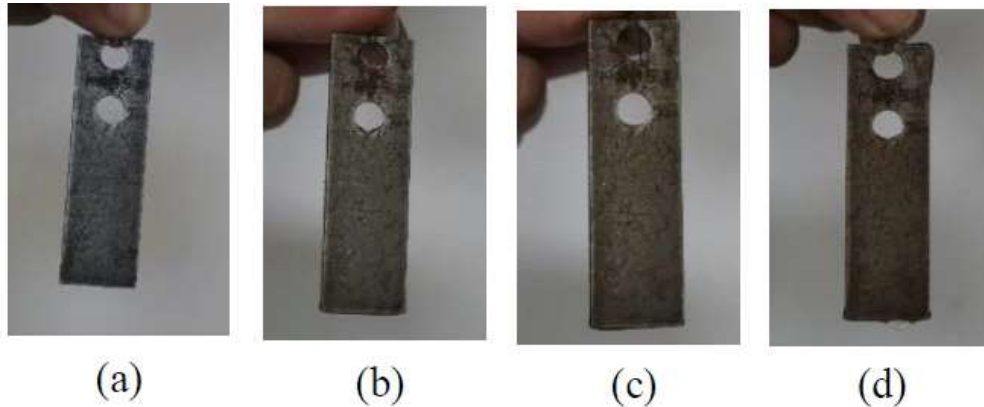
a. Hasil Pengamatan Secara Foto Makro

Sampel plat baja API 5L diuji secara visual menggunakan foto makro, dapat diamati pada sampel plat baja tersebut terjadi korosi pada permukaannya. Dari pengamatan yang dilakukan dapat dilihat korosi yang terjadi pada sampel plat baja adalah jenis pitting corrosion, karena korosi yang terlihat seperti lubang- lubang kecil pada permukaan sampel plat baja yang diuji dengan atau tanpa inhibitor. Hal ini disebabkan pada HCl terdapat ion-ion Cl⁻ yang bersifat sangat agresif sehingga bila asam kuat ini digabungkan dengan suatu logam baik itu baja ataupun besi maka ion-ion ini akan menarik unsur Fe yang ada pada logam sehingga logam terserang korosi dan menjadi berkarat (Septianingsih dkk., 2014). Pengamatan secara visual menggunakan foto makro tersebut bertujuan untuk melihat permukaan plat secara menyeluruh. Foto makro dilakukan pada hari ke-0 hingga hari ke-10.



Gambar 1 Foto Makro Plat Baja API 5L (Blanko) (a)hari ke-0, (b)hari ke-3, (c)hari ke-6, (d)hari ke-9

Gambar (a) menunjukkan keadaan plat sebelum dilakukan perendaman dalam media HCl terlihat masih terdapat endapan berwarna oranye pada sisi depan plat karena belum dilakukan proses pengamplasan. Gambar (b) menunjukkan keadaan plat pada perendaman hari ketiga dalam media HCl terlihat sebagian permukaan plat mulai tertutupi oleh endapan hitam. Gambar (c) menunjukkan keadaan plat pada perendaman hari keenam dalam media HCl terlihat endapan hitam pada permukaan plat semakin tebal dan menyeluruh. Gambar (j) menunjukkan keadaan plat pada perendaman hari kesembilan dalam media HCl terlihat endapan hitam yang menutupi permukaan plat semakin menebal dan terdapat goresan – goresan kecil pada permukaan plat.

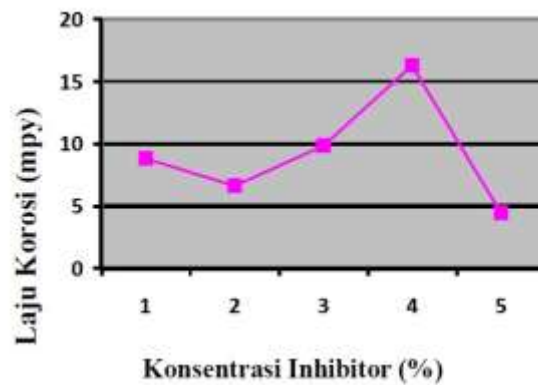


Gambar 2 Foto Makro Plat Baja API 5L (Konsentrasi 5%)
(a) hari ke-0, (b)hari ke-3, (c)hari ke-6, (d)hari ke-9

Gambar (a) menunjukkan keadaan plat sebelum dilakukan perendaman dalam media HCl terlihat bersih dan mengkilap karena telah dilakukan proses pengamplasan. Gambar (b) menunjukkan keadaan plat pada perendaman hari ketiga dalam media HCl terlihat terdapat noda berwarna coklat dan terdapat goresan – goresan tipis. Gambar (c) menunjukkan keadaan plat pada perendaman hari keenam dalam media HCl terlihat warna permukaan plat menjadi lebih gelap dari sebelumnya. Gambar (d) menunjukkan keadaan plat pada perendaman hari kesembilan dalam media HCl terlihat endapan hitam yang menutupi permukaan plat berkurang dari sebelumnya.

b. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Bawang Dayak Terhadap laju Korosi

Inhibitor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan inhibitor organik yaitu ekstrak daun bawang dayak. Inhibitor organik berfungsi untuk menutupi permukaan baja dengan cara membentuk lapisan-pelindung, Lapisan pelindung ini berupa senyawa kompleks Fe dengan tanin. Tanin bertindak sebagai ligan karena memiliki pasangan elektron bebas yang akan disumbangkan ke atom pusat Fe. Senyawa kompleks inilah yang akan melindungi permukaan baja dari serangan Cl^- pada HCl (Putri & Akbar, 2021). Pengujian metode weight loss dilakukan dengan merendam plat baja API 5L pada media HCl 0,5M dengan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5% selama 10 hari (240 jam).

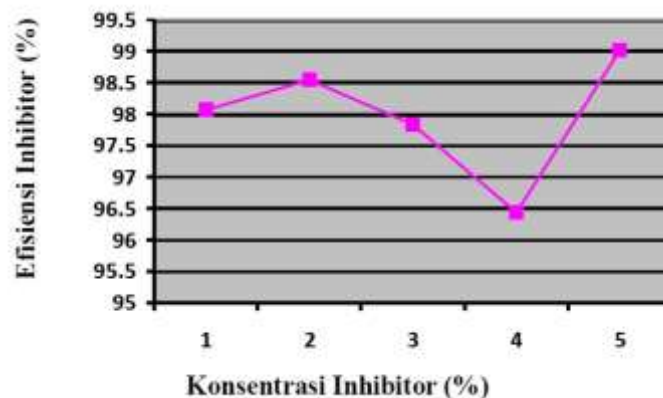


Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Laju Korosi dengan Konsentrasi Inhibitor Daun Bawang Dayak

Grafik diatas menunjukkan laju korosi dari hasil metode weight loss dalam 10 hari pada media HCl 0,5M dengan penambahan inhibitor ekstrak daun bawang dayak. Dari gambar terlihat semakin tinggi konsentrasi inhibitor blending maka semakin turun laju korosi. Pada konsentrasi 4 % terlihat gambar naik menandakan bahwa laju korosi bertambah disebabkan lemahnya daya ikat adsorpsi akibat tingkat kejenuhan lapisan dari inhibitor sehingga membuat permukaan plat yang sebelumnya telah terlapis oleh inhibitor mengalami pengelupasan sebagian. Kemudian pada konsentrasi 5 % laju korosi pada logam tersebut berkurang kembali karena inhibitor kembali bekerja untuk melindungi permukaan yang telah mengalami pengelupasan tersebut akan tetapi inhibitor akan mengalami ketidakstabilan untuk menghambat laju korosi karena telah terlewat jenuh. Penurunan laju korosi yang paling rendah dalam penelitian ini terjadi pada konsentrasi inhibitor blending 5 %.

c. Efisiensi Inhibisi Terhadap Laju Korosi

Efisiensi *proteksi* terhadap baja API 5L dalam lingkungan HCl 0,5M dari inhibitor daun bawang dayak dapat dilihat dari gambar dibawah .



Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Efisiensi Inhibitor dengan Konsentrasi Inhibitor Daun Bawang Dayak

Gambar diatas menunjukkan bahwa dari perhitungan efisiensi terhadap inhibitor yang digunakan, efisiensi paling besar dalam menghambat laju korosi terjadi pada inhibitor dengan konsentrasi 5% sebesar 99,02%. Penurunan laju korosi dengan penambahan inhibitor pada berbagai konsentrasi dibandingkan tanpa penambahan inhibitor menunjukkan bahwa penggunaan inhibitor daun bawang dayak efektif dalam memperlambat reaksi oksidasi yang menyebabkan korosi pada plat baja.

Dari grafik diatas efisiensi yang paling besar dalam menghambat laju korosi yaitu pada konsentrasi 2,5% dengan efisiensi mencapai nilai 84%, sedangkan pada konsentrasi 2% nilai efisiensi dikatakan sangat buruk hingga mencapai nilai -35%. Hal ini dapat disebabkan karena berkurangnya kemampuan inhibitor dalam memproteksi baja yang berakibat terlepasnya lapisan inhibitor pada media atau lingkungan yang korosif. Hal ini juga dapat terjadi karena jumlah electron atau ion-ion yang mengalir melalui antar muka sangat kecil, yaitu tingkat nilai resistansi yang besar menimbulkan penurunan aktivitas antar muka, sehingga laju korosi mengalami penurunan.

SIMPULAN

Penggunaan ekstrak daun bawang dayak sebagai inhibitor organik dinilai efektif dalam menghambat korosi pada baja API 5L dalam media HCl 0,5M. Efisiensi tertinggi yang didapatkan berada pada penambahan inhibitor dengan konsentrasi 5% dan lama perendaman 10 hari, yaitu sebesar 99,02% dengan laju korosi sebesar 4,46 mpy.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiarti, N. B., Fanani, Y. N., & Utami, I. (2021). Pengendalian Laju Korosi Stainless Steel 304 Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya dan Daun Bawang dalam Lingkungan NaCl 3,5 %. 2(1), 48–52.
- Habibi. (2008). Peningkatan Material Baja Api 5L-52 Dengan Perlakuan. *Mechanical Engineering*, 1.
- Mufid, M., & Hasyim, H. (2015). Penentuan Laju Korosi Pada Kupon Baja Karbon Api 5L Grade B Menggunakan Ekstraks Daun Mangga Sebagai Corrosion. *Prosiding PRO POLTEK Diseminasi Hasil Penelitian*, September 2017, 1–6.
- Palippui, H., Sade, J., & Widianingrum, W. (2021). Analisis Peletakan dan Kebutuhan Proteksi Katodik Pada Mooring Buoy Di PERTAMINA Fuel Terminal Luwuk. *Zona Laut*, 2(2), 57–64.
- Permanasari, A. R., Saputra, T. R., Nurul'aina, A., & Liska, S. (2020). Penentuan Pelarut Terbaik Pada Ekstraksi Tanin Kulit Kayu Akasia Dan Pengaruhnya Sebagai Inhibitor Laju Korosi Pada Baja Karbon. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 4(1), 7.
- Putra, A. G., & Pawawoi. (2009). Pengaruh Variasi Arus Gmaw Pada Sambungan Pipa Aja Api 5L Grade B Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. *Teknik Mesin*, 8, 47–55.
- Putri, D. K., & Akbar, A. (2021). Potensi Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Inhibitor Korosi Dalam Media Asam Klorida Pada Baja St37. *Reactor: Journal Of Research On Chemistry And Engineering*, 2(2), 48.
- Septianingsih, D., Suka, E. G., & Sirhi, S., Astuti, S., & Esti, F. (2017). Iptek Bagi Budidaya Dan Ekstrak Bawang Dayak Sebagai Obat Alternatif. *Jurnal Akses Pengabdian Indonesia*, 2(2), 1–7.
- Suprihatin. (2014). Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Astm A 139 Tanpa Dan Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2%. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 02(02), 147–155.
- Yanuar, A. P. (2016). Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan The Effect of Green Corrosion Inhibitors Addition in Corrosion Rate to The Pipe Material in the Artificial Sea Water. 12.
- Yanuar, A. P., Pratikno, H., & Titah, H. S. (2017). Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 8–13.
- Yatiman, P. (2009). Penggunaan Inhibitor Organik Untuk Pengendalian Korosi Logam dan Paduan Logam. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 134–142.
- Yunita, T., Rinda, S. S., & Jatmoko, A. (2013). Studi Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Daun Bawang Tiwai (*Eleutherine americana* Merr .) pada Baja API 5L dalam Lingkungan 3 , 5 % NaCl Metodologi Penelitian Beberapa hal yang perlu dijelaskan pada metodologi penelitian antara lain alat dan bahan yang. *Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan*, 1–10.