

Ekstrak Kafein sebagai Inhibitor Korosi Alami pada Logam Aluminium dalam Media Larutan Asam Sulfat dan Biosolar

Shafara Najla Marinda Sukmawanta, Dyah Ratna Wulan, Kristina Widjajanti, Noor Isnaini Azkiya, Yanty Maryanty*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding Author:
Yanty Maryanty
yantymaryanty@polinema.ac.id

Received: November 2021
Accepted: February 2022
Published: March 2022

©Yanty Maryanty et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Abstract

This research, the caffeine extract of arabica coffee beans, cacao beans, and black tea leaves will be tested as a corrosion inhibitor on aluminium in an acidic environment and in biodiesel containing acid. This condition resembles the metabolism of microorganisms in biodiesel which produces H_2SO_4 as one of the causes of corrosion. Arabica coffee, cacao beans and black tea are natural organic ingredients containing caffeine which can inhibit corrosion. In the maceration process used a variable ratio of 70% ethanol solvent with organic matter, namely 225 g of organic matter with 450 g of ethanol and 150 g of organic matter with 450 g of ethanol. Concentration of caffeine extract from arabica coffee, cacao beans, and black tea leaves was obtained based on HPLC analysis at an effluent rate of 0.8 mL/min. The corrosion inhibition efficiency test on aluminium was observed at 0, 1, 4, 7 and 10 days of immersion. The previously used aluminium has been corroded with 12% H_2SO_4 . The corrosion inhibition efficiency test on aluminium was observed at 0, 1, 4, 7 and 10 days of immersion. The best inhibitor results on aluminium soaked in biosolar containing 12% H_2SO_4 is tea 1.234,313 ppm with a corrosion rate of 1.6×10^{-4} g/cm² day on day 1 to 2.5×10^{-4} g/cm² day on day 10 with an inhibition efficiency of 99%. While the aluminium soaked in H_2SO_4 12% is tea containing caffeine of 684.373 ppm with a corrosion rate of 1.3×10^{-4} g/cm² day on day 1 to 3.3×10^{-4} g/cm² day on day 10 with an inhibition efficiency of 64%. The longer the immersion time of aluminium in H_2SO_4 media with the addition of organic inhibitors, the lower the corrosion rate value because the inhibitors form a layer that protects the aluminium.

Keywords: aluminium; biosolar; caffeine; organic inhibitors; corrosion rate; inhibition efficiency

Pendahuluan

Aluminium merupakan logam yang memiliki ketahanan korosi yang sangat baik karena disebabkan oleh adanya lapisan oksida tipis yang menempel pada Al_2O_3 . Lapisan tersebut stabil pada lingkungan pH 4 s/d pH 9 (pasifasi), sehingga dapat melindungi logam bagian

dalam dari serangan korosi^[1]. Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Pemakaian inhibitor merupakan salah satu cara untuk mengurangi laju korosi karena prosesnya sederhana dan biaya yang murah. Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang apabila ditambahkan ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan

terhadap logam. Inhibitor biasanya ditambahkan secara kontinyu maupun periodik dalam jumlah sedikit pada selang waktu tertentu^[2].

Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor organik dan inhibitor anorganik. Inhibitor organik merupakan inhibitor yang berasal dari bahan alam. Bahan alam yang dapat menjadi inhibitor organik umumnya mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam^[3]. Sedangkan inhibitor anorganik antara lain arsenat, kromat, silikat, dan fosfat yang merupakan jenis bahan kimia yang harganya mahal dan tidak ramah lingkungan. Sehingga, saat ini sedang dikembangkan penggunaan bahan organik yang lebih alami untuk dijadikan bahan inhibitor korosi yang lebih aman^[2].

Kopi merupakan salah satu bahan alam yang mengandung kafein, tannin, dan polifenol. Kafein merupakan senyawa alkaloid yang termasuk jenis metilxanthine (1,3,7-trimetilxanthine) atau $C_8H_{10}N_4O_2$. Biji coklat mengandung kafein sebanyak 0,07-0,36%, minyak 35-50%, pati 15%, protein 15%, dan teobromin 1-4%^[4]. Sedangkan teh mengandung polifenol, kafein, teofilin, dan teobromin^[5]. Pada penelitian ini, dimanfaatkan ekstrak kopi arabika, teh, dan coklat sebagai alternatif inhibitor korosi baja dalam media H_2SO_4 dan biosolar. Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, kemampuan ekstrak biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam dalam menghambat proses korosi perlu diuji.

Pada penelitian ini, uji inhibisi korosi dilakukan terhadap aluminium dalam media H_2SO_4 12% dan biosolar yang mengandung H_2SO_4 12%. Penggunaan media H_2SO_4 12% berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Muhammad Ridluwan^[6] bahwa semakin naik konsentrasi larutan H_2SO_4 berarti tingkat korosifnya semakin besar sehingga reaksi kimia

yang terjadi akan berlangsung secara cepat. Metode maserasi dan distilasi dilakukan dengan pelarut etanol 70%^[7] dengan perbandingan yaitu 225 g bahan organik dengan 450 g etanol dan 150 g bahan organik dengan 450 g etanol untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi inhibisi dan laju korosi. Pelarut etanol 70% karena pada penelitian sebelumnya menggunakan pelarut etanol 70%.

Metodologi Penelitian

Bahan kimia

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam, aluminium, etanol 70%, biosolar, akuades, asam sulfat.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu neraca analitik, blender, besi penjepit, oven, seperangkat alat distilasi, *beaker glass*, dan termometer.

Prosedur penelitian

Persiapan bahan uji

Aluminium seri 3003 dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm. Sesuai hasil pengukuran tebal logam menggunakan mikrometer didapatkan tebal aluminium sebesar 0,1 cm. Sebelum digunakan, baja aluminium terlebih dahulu digosok menggunakan kertas ampelas grit 80, dicuci dengan air mengalir. Lalu spesimen dikeringkan dan langsung diuji.

Pembuatan larutan inhibitor

Biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam yang didapat dikeringkan dengan cara diangin anginkan tanpa terkena sinar matahari langsung. Biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam yang kering diblender hingga halus. Ukuran masing-masing serbuk biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam diukur menggunakan *screening*. Didapatkan ukuran serbuk coklat dan kopi yaitu antara 18 mesh sampai 29,33 mesh, sedangkan ukuran serbuk teh yaitu antara 13,9 mesh sampai 18 mesh.

Masing-masing serbuk dilarutkan dalam pelarut etanol 70% dengan perbandingan yaitu 225 g bahan organik dengan 450 g etanol dan 150 g bahan organik dengan 450 g etanol^[7]. Kemudian dimaserasi selama 2 x 24 jam. Setelah itu larutan disaring. Filtrat yang didapat ditampung dalam wadah yang berbeda dan residu yang diperoleh dimaserasi kembali dengan perbandingan yang sama hingga didapatkan hasil filtrat yang terakhir. Didistilasi untuk memisahkan ekstrak dari pelarutnya sampai suhu larutan mencapai titik didih etanol. Dimana titik didih etanol yaitu 78,37°C serta titik didih kafein yaitu 178°C.

Perendaman sampel aluminium dalam larutan H₂SO₄ dan biosolar

Sampel aluminium yang telah disiapkan direndam dalam H₂SO₄ dan inhibitor serta direndam dalam H₂SO₄, biosolar dan inhibitor dengan volume 7 ml pada variasi waktu perendaman 0, 1, 4, 7 dan 10 hari. Pengulangan perendaman logam sebanyak 4 kali. Setelah direndam, sampel aluminium diangkat kemudian dibersihkan dengan kain. Spesimen ditimbang kembali sebagai bobot akhir kemudian ditentukan laju korosinya. Pembersihan sampel aluminium dari kotoran dan karat-karat dipermukaan logam dengan larutan NaOH 10% sebagai bahan pembersih sesuai dengan standard ASTM G1-03.

Pengujian kadar kafein menggunakan HPLC

Sampel kopi arabika, teh hitam dan coklat yang telah didistilasi dengan masing-masing komposisi inhibitor yaitu 225 g bahan organik dengan 450 g etanol dan 150 g bahan organik dengan 450 g etanol diambil menggunakan *syringe* dan *difilter* menggunakan *filter* membran 0,45 µm. Setelah *difilter*, cairan sampel tersebut diencerkan sebanyak 20 kali, dengan cara mengambil 0,05 mL sampel cairan yang telah *difilter* dan ditambahkan 0,95 mL akuades yang telah *difilter* dan dimasukkan ke dalam vial. Sampel yang telah dipreparasi tersebut siap untuk diinjeksikan ke alat.

Untuk sampel coklat dengan komposisi 150 g sampel coklat dan 450 g etanol karena sampelnya berupa pasta cokelat sehingga perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu. Pertama, 1 mL sampel pasta cokelat dilarutkan ke dalam 19 mL akuades, kemudian dipanaskan selama 15 menit dengan suhu 100°C. Kemudian filtrat diambil dengan cara menyaring larutan tersebut. Filtrat yang terpisah tersebut diambil menggunakan *syringe* dan *difilter* dengan menggunakan *filter* membran 0,45 µm. Setelah *difilter*, filtrat dimasukkan ke dalam vial (vol 500 ul) dan siap dianalisa menggunakan alat *chromatography*.

Pengujian korosi

Setelah proses korosi berjalan selama waktu tertentu, produk korosi diangkat dari media korosif, dicuci dengan hati-hati dengan menggunakan sikat yang halus. Kemudian dikeringkan. Setelah proses korosi berjalan selama waktu tertentu, pembersihan sampel aluminium dari kotoran dan karat-karat dipermukaan logam dengan larutan NaOH 10% sebagai bahan pembersih sesuai dengan standard ASTM G1-03. Berat awal dari logam adalah berat logam sebelum direndam ke dalam larutan. Dilakukan pengujian korosi dengan menghitung laju korosi, dan efisiensi inhibisi^[8].

$$\text{Laju korosi} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Luas Logam} \times \text{Waktu Perendaman}}$$

$$\text{Efisiensi inhibisi} = \frac{V_{k0} - V_{ki}}{V_{k0}} \times 100\%$$

Dimana:

V_{k0} = Laju reaksi korosi tanpa inhibitor

V_{ki} = Laju reaksi korosi adanya inhibitor

Hasil dan Diskusi

Pengaruh konsentrasi ekstrak kafein pada biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam terhadap laju korosi aluminium dalam larutan H_2SO_4

Ketahanan korosi yang sangat baik oleh aluminium disebabkan oleh adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al_2O_3)^[1].

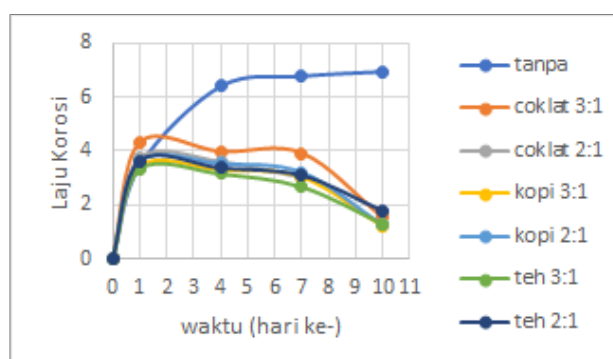
Pada gambar 1 menunjukkan bahwa laju korosi aluminium direndam dalam H_2SO_4 12%. Pada coklat 3:1 laju korosi sebesar $4,3 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10, pada coklat 2:1 laju korosi sebesar $3,8 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10. Pada kopi 3:1 laju korosi sebesar $3,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,2 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10, pada kopi 2:1

laju korosi sebesar $3,6 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,2 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10. Pada teh 3:1 laju korosi sebesar $3,3 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,3 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10, pada teh 2:1 laju korosi sebesar $3,6 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,8 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10 dan tanpa inhibitor laju korosi sebesar $3,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $6,9 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10. Hal ini didukung oleh uji *test independent* spss karena angka signifikannya kurang dari 0,05 yaitu <0,01. Uji *t test independent* spss adalah uji yg digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata dari suatu variabel. Laju korosi tanpa inhibitor menunjukkan terjadinya peningkatan dibandingkan dengan laju korosi dengan penambahan inhibitor lainnya karena H_2SO_4 mampu menyerang logam-logam.



Tabel 1. Data hasil uji kadar kafein menggunakan HPLC

Kode Sampel	Kadar Kafein (ppm)
Teh 2:1	1234,31
Teh 3:1	684,37
Kopi 2:1	2100,79
Kopi 3:1	1351,4
Coklat 2:1	1240,21
Coklat 3:1	721,46



Gambar 1. Grafik perbandingan laju korosi aluminium dengan waktu dalam media H_2SO_4 dengan penambahan inhibitor kopi, coklat, dan teh hitam.

Hal itu disebabkan karena aluminium tidak terlapisi dengan inhibitor yang ditentukan. Sedangkan laju korosi aluminium yang direndam dalam H_2SO_4 dengan penambahan ekstrak kopi, teh, dan coklat mengalami penurunan karena aluminium terlapisi dengan inhibitor-inhibitor tersebut sehingga memperlambat laju korosi. Hal ini disebabkan karena kopi arabika, coklat, dan teh hitam merupakan bahan organik alami mengandung kafein. Inhibitor kafein merupakan inhibitor organik sehingga proses penginhibisiannya disebabkan adsorpsi molekul dalam permukaan logam. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam membentuk lapisan pasif yang melindungi logam terhadap korosi lebih lanjut. Semakin lama waktu perendaman aluminium dalam H_2SO_4 12% dengan penambahan inhibitor maka semakin tebal lapisan yang terbentuk untuk melindungi logam-logam sehingga menghambat terjadinya korosi.

Pengaruh konsentrasi ekstrak kafein pada biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam terhadap efisiensi inhibisi aluminium dalam larutan H_2SO_4

Efisiensi inhibisi korosi ditentukan dengan menghitung selisih laju reaksi korosi tanpa inhibitor dan laju reaksi dengan adanya inhibitor^[8].

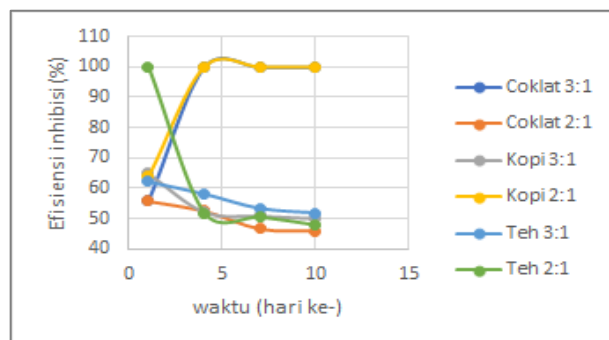
Gambar 2 menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi aluminium pada media H_2SO_4 12%

cenderung mengalami penurunan. Pada media H_2SO_4 12% nilai tertinggi efisiensi inhibisi terdapat pada kopi 2.100,793 ppm pada waktu perendaman 1 hari yaitu mencapai 64% sedangkan efisiensi inhibisi terkecil terdapat pada biji coklat yaitu 1.240,213 ppm pada waktu perendaman 10 hari yaitu sebesar 45%.

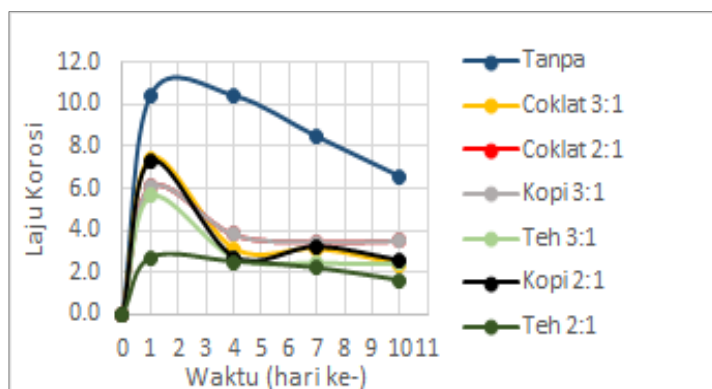
Pengaruh konsentrasi ekstrak kafein pada biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam terhadap laju korosi aluminium dalam larutan H_2SO_4 dan biosolar

Biosolar (B30) memiliki komposisi biodiesel yang dihasilkan dari asam lemak tak jenuh, yang menyebabkan degradasi oksidatif pada biodiesel. Proses degradasi akibat oksidasi menyebabkan biodiesel bersifat korosif^[9]. Penelitian ini menambahkan H_2SO_4 12% sebagai media korosif.

Inhibitor yang paling baik untuk menahan laju korosi aluminium terdapat pada teh 1.234,313 ppm yaitu dengan komposisi 225 g bubuk coklat dan 450 g pelarut (etanol). Teh 1.234,313 ppm lebih baik daripada teh 684,373 ppm karena pemberian inhibitor lebih banyak yaitu sebesar 225 g sehingga komponen kafein nya lebih banyak. Semakin lama waktu perendaman aluminium dalam biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% dengan penambahan inhibitor maka semakin tebal lapisan yang terbentuk untuk melindungi logam-logam sehingga menghambat terjadinya korosi.



Gambar 2. Grafik efisiensi inhibisi aluminium dengan waktu dalam media H_2SO_4 dengan penambahan inhibitor kopi, coklat, dan teh hitam.



Gambar 3. Grafik perbandingan laju korosi aluminium dengan waktu dalam media biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% dengan penambahan inhibitor kopi, coklat, dan teh hitam.

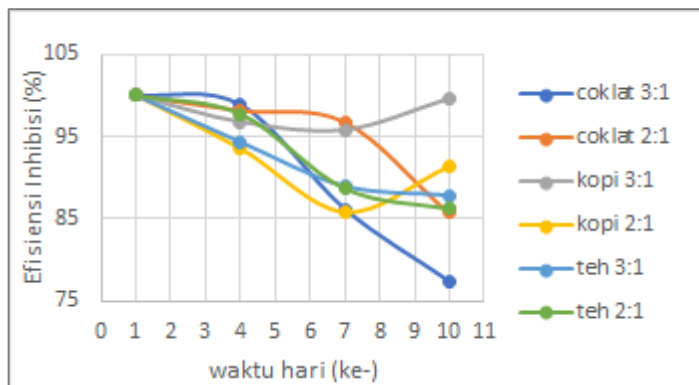
Pada gambar 3 menunjukkan bahwa laju korosi aluminium direndam dalam biosolar yang mengandung H_2SO_4 12%. Pada coklat 3:1 laju korosi sebesar $7,4 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $2,4 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10, pada coklat 2:1 laju korosi sebesar $6,1 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $3,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10. Pada kopi 3:1 laju korosi sebesar $9,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $2,7 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10, pada kopi 2:1 laju korosi sebesar $7,3 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $2,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10. Pada teh 3:1 laju korosi sebesar $5,6 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $2,4 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10, pada teh 2:1 laju korosi sebesar $2,7 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $1,6 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10 dan tanpa inhibitor laju korosi sebesar $10,4 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari pertama dan $6,5 \times 10^{-4}$ g/cm² pada hari ke 10. Hal ini didukung oleh uji *t test independent* spss karena angka signifikannya kurang dari 0,05 yaitu $< 0,01$. Uji *test independent* spss adalah uji yg digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata dari suatu variabel. Laju korosi tanpa inhibitor menunjukkan terjadinya penurunan sedikit dibandingkan dengan laju korosi dengan penambahan inhibitor lainnya karena H_2SO_4 dan biosolar mampu menyerang logam-logam.



Hal itu disebabkan karena aluminium tidak terlapsi dengan inhibitor yang ditentukan. Sedangkan laju korosi aluminium yang direndam dalam biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% dengan penambahan ekstrak kopi, teh, dan coklat mengalami penurunan Hal ini disebabkan karena kopi arabika, coklat, dan teh hitam merupakan bahan organik alami mengandung kafein. Inhibitor kafein merupakan inhibitor organik sehingga, proses penginhibisiannya disebabkan adsorpsi molekul dalam permukaan logam. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam membentuk lapisan pasif yang melindungi logam terhadap korosi lebih lanjut. Semakin lama waktu perendaman aluminium dalam biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% dengan penambahan inhibitor maka semakin tebal lapisan yang terbentuk untuk melindungi logam-logam sehingga menghambat terjadinya korosi.

Pengaruh konsentrasi ekstrak kafein pada biji kopi arabika, biji coklat dan daun teh hitam terhadap efisiensi inhibisi aluminium dalam larutan H_2SO_4 dan biosolar

Efisiensi inhibisi korosi ditentukan dengan menghitung selisih laju reaksi korosi tanpa inhibitor dan laju reaksi dengan adanya inhibitor^[8].



Gambar 4. Grafik perbandingan efisiensi inhibisi aluminium dengan waktu dalam media biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% dengan penambahan inhibitor kopi, coklat, dan teh hitam.

Gambar 4 menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi aluminium pada media biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% cenderung mengalami penurunan. Nilai tertinggi efisiensi inhibisi pada media biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% terdapat pada semua inhibitor pada waktu perendaman selama 1 hari yaitu mencapai 99% sedangkan efisiensi inhibisi terkecil terdapat pada biji coklat 721,460 ppm pada waktu perendaman selama 10 hari yaitu sebesar 77%.

Kesimpulan

Inhibitor terbaik berdasarkan perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibisi sebagai berikut: Pada aluminium yang direndam H_2SO_4 12% didapatkan inhibitor terbaik yaitu teh 684,373 ppm dengan laju korosi sebesar $3,3 \times 10^{-4}$ g/cm² hari pada hari ke-1 menjadi $1,3 \times 10^{-4}$ g/cm² hari pada hari ke-10 dengan efisiensi inhibisi sebesar 64% sedangkan pada aluminium yang direndam biosolar yang mengandung H_2SO_4 12% didapatkan inhibitor terbaik yaitu teh 1234,313 ppm dengan laju korosi sebesar $2,7 \times 10^{-4}$ g/cm² hari pada hari ke-1 menjadi $1,6 \times 10^{-4}$ g/cm² hari pada hari ke-10 dengan efisiensi inhibisi sebesar 99%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada Politeknik Negeri Malang Jurusan Teknik Kimia yang membantu pendanaan penelitian serta rekan-

rekan kami yang membantu dalam pengerjaan revisi penulisan jurnal ini.

Daftar Pustaka

1. Budi Utomo, R. S. & Alva, S., Studi dan karakterisasi laju korosi logam aluminium dengan pelapisan membran sol-gel. *J. Tek. Mesin*, **6(3)**: 191 (2017).
2. Simanjuntak, H., Suka, E. G. & Suprihatin, S., Pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kopi dan waktu perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon AISI 1020 dalam larutan NaCl 3 %. *J. Teor. dan Apl. Fis.*, **7(2)**: 239–248 (2019).
3. Aripin, P. N. & Purnawan, I., Pengaruh waktu perendaman ekstrak kopi untuk menginhibisi korosi pada besi. *Konversi*, **4(1)**: 17–24 (2015).
4. Nugraheni, F. T., Dewi, M. & Septiyana, R., Perbandingan rendemen kristal kafein pada biji kopi (*Coffea arabica* l.) dan coklat (*Theobroma cacao* l.) dengan menggunakan metode refluks. *Cendekia J. Pharm.*, **1(1)**: 41–48 (2017).
5. Artanti, A. N., Nikmah, W. R., Setiawan, H. & Prihapsara, F., Perbedaan kadar kafein daun teh (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) berdasarkan status ketinggian tempat tanam dengan metode HPLC. *J. Pharm. Sci. Clin. Res.*, **1(1)**: 37–44 (2016).

6. Ridluwan, M., Pengaruh temperatur pencelupan terhadap kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode. Universitas Negeri Semarang, (2007).
7. Indrayani, N. L., Studi pengaruh ekstrak eceng gondok sebagai inhibitor korosi untuk pipa baja SS400 pada lingkungan air. *J. Ilm. Tek. Mesin*, **4(2)**: 47–56 (2016).
8. Sri Hermawan., Yuli Rizky Ananda Nasution. & Rosdanelli Hasibuan., Penentuan efisiensi inhibisi korosi baja menggunakan ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*). *J. Tek. Kim. USU*, **1(2)**: 31–33 (2012).
9. Setiawan, I. I., Kinetika reaksi oksidasi pada biosolar (B20) dengan antioksidan alami. *J. Kompetensi Tek.*, **10(1)**: 28–34 (2018).