

Elektrodeposisi Lapisan Tembaga pada Baja SS-304 dengan Larutan Elektrolit Mengandung Ekstrak Daun Binahong sebagai Inhibitor Korosi

Niken Oktavia, Dahyunir Dahlan*

Laboratorium Fisika Material Departemen Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 06 Agustus 2023
Direvisi: 16 Desember 2023
Diterima: 20 Februari 2024

Kata kunci:

Ekstrak Daun Binahong
Elektrodeposisi
Korosi
Weight Loss

Keywords:

Binahong Leaf Extract
Electrodeposition
Corrosion
Weight loss

Penulis Korespondensi:

Dahyunir Dahlan
Email: dahyunir@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian tentang pengaruh ekstrak daun binahong sebagai inhibitor korosi baja SS-304 telah dilakukan. Pada penelitian ini, lapisan tembaga dan inhibitor ekstrak daun binahong dilapisi pada permukaan baja menggunakan metode elektrodeposisi. Pelapisan baja dibagi dalam tiga kelompok berdasarkan lama elektrodeposisi yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Media korosif dibuat dengan melarutkan 14,2 g Na_2SO_4 ke dalam 100 mL aquades. Pengujian laju korosi sampel dilakukan selama 21 hari pada suhu ruang. Pengukuran laju korosi dilakukan dengan metode *weight loss*, sementara efisiensi inhibisi diperoleh dari selisih laju korosi tanpa inhibitor dan dengan inhibitor. Laju korosi yang paling rendah didapatkan pada penambahan konsentrasi inhibitor 3% dan lama elektrodeposisi 30 menit yaitu sebesar 0,291 *mils per year* (mpy) dan efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh sebesar 89,20%. Karakterisasi untuk mengamati permukaan baja setelah elektrodeposisi dan perendaman dilakukan menggunakan mikroskop optik dan menganalisis fasa yang terbentuk menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Semakin lama elektrodeposisi sampel maka inhibitor teradsorpsi lebih baik dan nilai laju korosi semakin kecil.

Research on the effect of binahong leaf extract as a corrosion inhibitor for SS-304 steel has been carried out. In this study, a layer of copper and binahong leaf extract inhibitors was coated on the steel surface using the electrodeposition method. The steel coatings were divided into three groups based on the electrodeposition time, namely 10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes. Corrosive media was prepared by dissolving 14.2 g of Na_2SO_4 in 100 mL of distilled water. Testing the corrosion rate of the samples was carried out for 21 days at room temperature. Corrosion rate measurement was carried out using the weight loss method, while the inhibition efficiency was obtained from the difference in the corrosion rate without inhibitors and with inhibitors. The lowest corrosion rate was obtained by adding 3% inhibitor concentration and 30 minutes of electrodeposition time, which was 0.291 mils per year (mpy), and the highest inhibition efficiency was obtained at 89.20%. Characterization to observe the steel surface after electrodeposition and immersion was carried out using an optical microscope and the phases formed using X-ray diffraction (XRD)—the longer the sample electrodeposition, the better the adsorbed inhibitor and the lower the corrosion rate.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Komponen peralatan industri, konstruksi, rumah tangga, dan medis pada umumnya memiliki bahan dasar yang terbuat dari baja. Baja memiliki beberapa kelemahan salah satunya mudah teroksidasi sehingga menyebabkan terjadinya korosi. Kerugian yang dialami Indonesia akibat korosi dalam satu tahun diperkirakan mencapai triliunan rupiah, sehingga korosi perlu diatasi dengan melakukan suatu cara untuk menghambat terjadinya korosi pada baja (Bahri, 2007).

Pengendalian laju korosi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya membersihkan permukaan baja, pengecatan, pelumuran dengan oli, aliansi logam (mencampurkan suatu logam dengan logam yang lain), dan penambahan inhibitor korosi (Lubis & Dahlan, 2020). Salah satu metode yang efektif dan mudah dilakukan untuk mengendalikan laju korosi logam yaitu proses pelapisan, diantaranya adalah proses elektrodeposisi. Elektrodeposisi adalah metode untuk melindungi logam menggunakan arus searah untuk melapisi logam lain dan menciptakan permukaan logam dengan sifat yang berbeda dari logam dasar yang dilapisi (Schlesinger & Paunovic, 2011). Elektrodeposisi banyak digunakan karena hasil tingkat keseragaman lapisan yang dihasilkan lebih baik, probabilitas rata-rata elektrodeposisi yang tinggi, serta penerapannya yang mudah dan sederhana (Dahlan, 2009).

Penggunaan inhibitor juga menjadi alternatif yang digunakan untuk meminimalisir terjadinya korosi karena prosesnya sederhana dan biaya yang terjangkau. Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor organik dan anorganik (Yetri dkk., 2019). Penggunaan inhibitor anorganik dalam proses penghambat laju korosi sering menimbulkan bahaya. Kekurangan inhibitor anorganik yaitu mengandung senyawa kimia dan harganya yang mahal. Alternatif lain yang digunakan untuk menghambat laju korosi yaitu menggunakan inhibitor organik. Penggunaan inhibitor organik yaitu pemanfaatan ekstrak dari tumbuh tumbuhan seperti daun, batang, akar, buah, dan kulit buah (Khan dkk., 2015). Inhibitor organik yang biasa digunakan yaitu flavonoid, tanin, dan terpen (Loveanda & Dahlan, 2021).

Daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) memberikan banyak manfaat bagi kehidupan. Berdasarkan hasil uji fitokimia, ekstrak daun binahong mengandung senyawa metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi. Senyawa tersebut mempunyai atom nitrogen dengan pasangan elektron bebas sehingga dapat mengadsorpsi permukaan besi dan meningkatkan aktivitas inhibisi korosi. Senyawa metabolit sekunder yang terkandung pada daun binahong yaitu flavonoid sebesar 10,72% dan tanin sebesar 23% ((Djamil dkk., 2012).

Penelitian inhibitor korosi baja telah banyak dilakukan pada berbagai ekstrak tanaman. Tissos dkk. (2018) telah meneliti pelapisan baja menggunakan ekstrak kulit buah kakao sebagai inhibitor korosi menggunakan metode elektrodeposisi. Hasil yang diperoleh dari perlakuan elektrodeposisi dengan penambahan inhibitor yaitu dapat melapisi seluruh permukaan baja, namun pada tegangan dan waktu tertentu terjadi beberapa penggumpalan. Data yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan yaitu semakin besar konsentrasi ekstrak kulit buah kakao maka laju korosi semakin kecil. Efisiensi inhibisi tertinggi yaitu 81,9% dengan penambahan inhibitor 1,5%.

Penelitian lainnya yaitu Loveanda dan Dahlan (2021) membuat lapisan antikorosi menggunakan tanin daun ketapang sebagai inhibitor. Baja dilapisi menggunakan metode elektrodeposisi dan metode pencelupan. Hasil yang diperoleh yaitu semakin besar konsentrasi daun ketapang maka laju korosi semakin kecil dan efisiensi inhibisi inhibisi pada baja ST-37 semakin besar. Morfologi permukaan paling optimal yaitu pada konsentrasi 3% pada proses elektrodeposisi dan pencelupan dengan permukaan sampel yang halus dan merata. Berdasarkan kedua metode yang sudah dilakukan, diperoleh morfologi permukaan yang paling bagus dan laju korosi paling rendah yaitu pada metode elektrodeposisi.

Kayadoe dkk. (2015) melakukan penelitian menggunakan metode gravimetri untuk menentukan laju korosi, yaitu berat komponen diukur setelah terjadi reaksi. Inhibitor korosi yang digunakan yaitu ekstrak daun pandan pada baja SS-304 dalam larutan H₂SO₄. Hasilnya yaitu semakin tinggi konsentrasi daun pandan, semakin tinggi juga efisiensi inhibisi pada korosi baja SS-304 dan laju korosi yang diperoleh semakin kecil.

Dilandaskan oleh penelitian-penelitian sebelumnya maka dalam penelitian ini dilakukan pembuatan inhibitor dari ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). Inhibitor ini digunakan sebagai campuran larutan elektrolit dalam pelapisan substrat dengan pelapis tembaga (Cu) menggunakan metode elektrodeposisi. Pembuatan inhibitor dari ekstrak daun binahong diharapkan

menjadi solusi untuk meminimalisir terjadinya korosi pada baja dan dapat memaksimalkan pemanfaatan daun binahong.

II. METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, *hot plate magnetic stirrer*, *power supply* digital searah, labu Erlenmeyer ukuran 25 mL, blender, *rotary evaporator*, 1 set peralatan elektrodeposisi, gelas ukur, gelas beaker, penjepit buaya, pipet tetes, laptop HP, pinset, mikroskop optik, dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Bahan yang digunakan adalah pelat baja SS-304, tembaga (II) sulfat (CuSO_4), asam borat (H_3BO_3), daun binahong, aquades, etanol, natrium sulfat (Na_2SO_4), kertas saring, tissue, kertas amplas, dan wadah sampel.

2.1 Persiapan Sampel

Pelat baja dengan ketebalan 0,1 mm dipotong dengan ukuran 2 cm dan lebar 1 cm. Baja yang sudah dipotong dicuci dengan alkohol, kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan.

2.2 Pembuatan Ekstrak Daun Binahong Pekat

Daun binahong yang sudah disiapkan dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan selama 7 hari. Setelah kering, daun binahong dihaluskan dengan blender hingga menjadi bubuk yang selanjutnya diayak menggunakan ayakan. Serbuk daun binahong dimaserasi dengan cara direndam dengan etanol 96% selama 3 hari pada botol tertutup. Selama proses maserasi berlangsung, dilakukan pengadukan sebanyak 1×24 jam setiap harinya. Setelah proses maserasi berakhir, hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring hingga didapatkan filtrat. Hasil penyaringan tersebut diupkan menggunakan *rotary vacuum evaporator*, sehingga didapatkan ekstrak pekat daun binahong dan dibagi menjadi beberapa konsentrasi.

2.3 Pembuatan Larutan Elektrolit dan Media Korosif Na_2SO_4

Larutan elektrolit yang digunakan yaitu CuSO_4 sebanyak 20 gram dan H_3BO_3 sebanyak 3 gram yang dilarutkan dalam pelarut aquades sebanyak 200 mL. Setelah itu, larutan tersebut diaduk selama 30 menit pada suhu ruang menggunakan *magnetic stirrer*. Media korosif digunakan sebagai bahan uji pada pengukuran laju korosi. Media korosif dibuat dengan melarutkan 14,2 gram Na_2SO_4 ke dalam 100 mL aquades.

2.4 Proses Elektrodeposisi Baja dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Daun Binahong

Metode pelapisan permukaan sampel dilakukan dengan memasang elektroda positif pada grafit sebagai anoda dan elektroda negatif pada substrat baja sebagai katoda. Larutan elektrolit dan inhibitor ekstrak daun pandan dengan konsentrasi 0%; 0,5%, 1%, 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3%, dimasukkan ke dalam wadah elektrodeposisi yang sudah tersambung ke catu daya. Setiap variasi menggunakan dua sampel. Kemudian proses elektrodeposisi dilakukan selama 10, 20, dan 30 menit dengan tegangan diatur menjadi 3 V. Setelah satu sampel selesai, dilihat morfologi permukaannya menggunakan mikroskop optik, dan sampel lainnya diukur laju korosinya.

2.5 Pengukuran laju korosi

Pengukuran laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat diawali dengan menimbang berat baja yang sudah dielektrodeposisi. Baja yang sudah ditimbang direndam ke dalam larutan korosif selama 21 hari dan ditimbang kembali. Laju korosi diukur dengan membandingkan berat baja sebelum dan sesudah terpapar media korosif (Fontana & Greene, 1967).

2.6 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Data dianalisa dengan menghubungkan beberapa besaran fisis yang diukur berupa perubahan tegangan sebelum dan sesudah proses elektrodeposisi serta perubahan berat pelat baja sebelum dan sesudah pengukuran laju korosi. Data selanjutnya diolah melalui grafik hubungan antara besaran-besaran fisis yang diukur.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengaruh Konsentrasi Inhibitor terhadap Perubahan Tegangan Elektrodeposisi

Pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun binahong terhadap perubahan tegangan dapat dilihat pada Tabel 1. Perubahan tegangan tersebut yaitu tegangan sebelum dan setelah elektrodeposisi selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan tegangan output 3 V.

Tabel 1 Hasil perubahan tegangan sebelum dan setelah elektrodeposisi pada variasi konsentrasi inhibitor yang disertai ekstrak daun binahong

Lama Elektrodeposisi	Konsentrasi dalam % Volume	Tegangan (volt, V)	
		Awal	Akhir
10 menit	0%	1,7	1,6
	1%	1,7	1,6
	2%	1,8	1,7
	3%	1,9	1,8
	4%	1,8	1,7
	5%	1,8	1,7
20 menit	0%	1,6	1,5
	1%	1,7	1,6
	2%	1,9	1,8
	3%	2,0	1,9
	4%	1,9	1,8
	5%	1,9	1,8
30 menit	0%	1,7	1,6
	1%	1,7	1,6
	2%	1,9	1,8
	3%	1,7	1,6
	4%	2,0	1,9
	5%	2,0	1,9

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai selisih perubahan tegangan antara tegangan sebelum dan sesudah elektrodeposisi adalah sama besar yaitu 0,1 V untuk setiap konsentrasi. Pada tabel terdapat beberapa perbedaan tegangan awal dan tegangan akhir antara variasi konsentrasi ekstrak daun binahong. Perbedaan tersebut dikarenakan pengaruh dari ion ion dalam larutan elektrolit selama proses elektrodeposisi.

Larutan elektrolit merupakan larutan yang zatnya mampu menghantarkan arus listrik ketika dilarutkan dalam air. Larutan elektrolit terdiri dari ion ion yang berbeda muatan dan bergerak bebas (Mawarnis, 2021). Ion ion dalam larutan elektrolit akan bergerak dari katoda menuju anoda dan mengalami reaksi reduksi oksidasi sehingga terbentuk lapisan pelindung permukaan baja. Ion ion tersebut akan mempengaruhi perubahan tegangan selama elektrodeposisi (Veronika dkk., 2018).

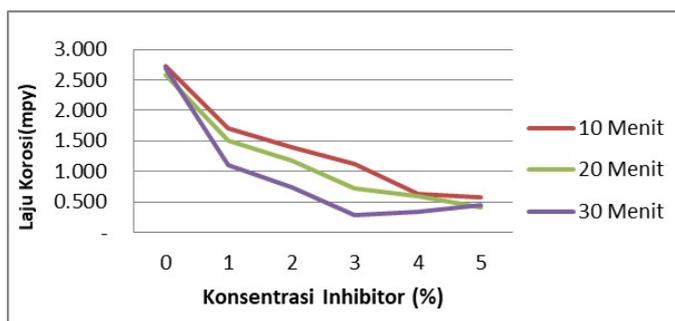
3.2 Pengaruh Konsentrasi Inhibitor terhadap Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi Baja

Gambar 1 menunjukkan bahwa ketika baja ditambahkan inhibitor yang semakin meningkat, maka nilai laju korosi pada baja akan semakin berkurang. Laju korosi tertinggi terdapat pada nilai konsentrasi inhibitor 0% atau tanpa penambahan inhibitor dengan lama elektrodeposisi 10 menit. Nilai laju korosinya yaitu 2,727 mpy. Laju korosi terkecil terdapat pada konsentrasi inhibitor 3% dengan lama elektrodeposisi 30 menit yaitu 0,291 mpy. Senyawa yang terkandung pada ekstrak daun binahong teradsorpsi pada permukaan baja sehingga terjadi penurunan laju korosi pada baja (Okafor dkk., 2008).

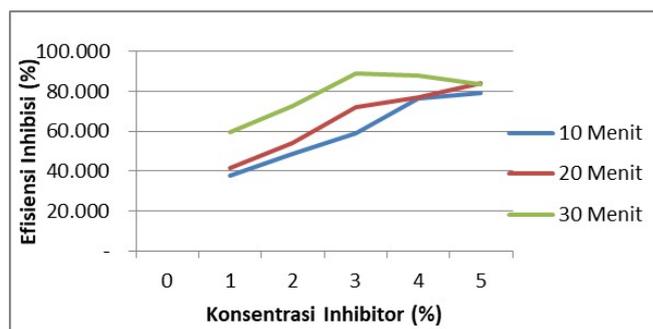
Permukaan baja yang direndam pada larutan Na_2SO_4 selama 21 hari menyebabkan massa permukaan baja semakin berkurang dari massa awal sebelum baja direndam. Dari perubahan massa baja tersebut, laju korosi baja dapat dihitung. Berdasarkan Gambar 1 dapat ditunjukkan dari 3 waktu elektrodeposisi yang telah dilakukan yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit waktu elektrodeposisi paling optimal dengan hasil laju korosi terkecil adalah 30 menit. Pada lama elektrodeposisi 10 menit, laju korosi terkecil ditunjukkan pada konsentrasi inhibitor 5% dengan nilai laju korosi 0,566 mpy. Pada lama elektrodeposisi 20 menit, laju korosi terkecil juga terjadi pada konsentrasi inhibitor 5%

yaitu 0,407. Dari ketiga waktu elektrodeposisi dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu elektrodeposisi maka semakin bagus pelapisan inhibitor pada baja sehingga ketika direndam dengan larutan korosif perkaratan pada baja juga akan semakin berkurang.

Gambar 2 menunjukkan semakin besar konsentrasi inhibitor maka efisiensi inhibisi juga akan meningkat. Hal ini disebabkan penambahan inhibitor yang semakin meningkat akan menghambat terjadinya reaksi korosi pada baja. Efisiensi inhibisi tertinggi pada waktu elektrodeposisi 10 menit yaitu pada konsentrasi inhibitor 5% dengan efisiensi inhibisi 79,23%. Pada waktu elektrodeposisi 20 menit, efisiensi inhibisi tertinggi yaitu pada konsentrasi inhibitor 5% dengan nilai 84,18%. Pada waktu elektrodeposisi 30 menit, efisiensi inhibisi tertinggi terdapat pada konsentrasi inhibitor 3% dengan nilai efisiensi 89,19%. Pada konsentrasi inhibitor diatas 3% laju korosi meningkat sehingga efisiensinya juga akan semakin menurun.



Gambar 1 Pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap nilai laju korosi



Gambar 2 Pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap nilai efisiensi inhibisi

3.3 Hasil Pengamatan Morfologi sampel

Hasil pengamatan morfologi dengan mikroskop optik dilakukan dengan perbesaran 10x. Sampel yang diamati merupakan pelat baja SS-304 yang belum dielektrodeposisi dan sampel dengan konsentrasi 0% dan 3% setelah dielektrodeposisi selama 30 menit dan direndam selama 21 hari menggunakan medium korosif (Na_2SO_4). Berdasarkan Gambar 3, permukaan baja SS-304 yang belum dielektrodeposisi dan direndam terlihat rata disertai goresan karena hasil pengamplasan pada permukaan baja. Morfologi permukaan baja 0% volume inhibitor dihasilkan deposisi yang halus dan tidak terjadi penumpukan material. Morfologi permukaan baja dengan konsentrasi 3% menghasilkan permukaan yang sangat halus dan merata, namun terjadi korosi pada beberapa bagian.

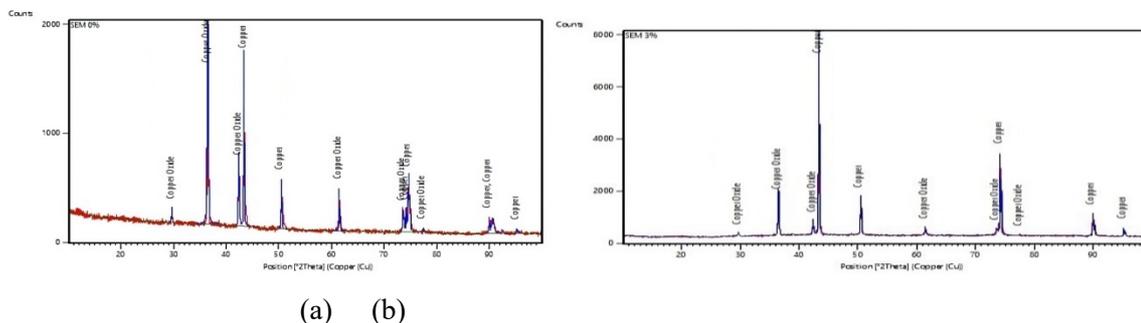


Gambar 3 Morfologi permukaan pelat baja (a) Pelat baja SS-304 dan Baja yang telah dielektrodeposisi 30 menit dan direndam 21 hari dengan konsentrasi (b) 0% (c) 3%

3.4 Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

Hasil karakterisasi XRD dilakukan untuk dua sampel pelat baja SS-304. Uji XRD dilakukan pada baja yang dielektrodeposisi selama 30 menit dan direndam dalam larutan korosif (Na_2SO_4)

selama 21 hari. Sampel yang diuji yaitu baja dengan laju korosi terendah dan tertinggi, yaitu pada yaitu pada sampel dengan 0% volume inhibitor dan 3% volume inhibitor ekstrak daun binahong. Hasil karakterisasi XRD untuk kedua pelat baja tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil karakterisasi menggunakan XRD pada baja setelah dielektrodeposisi selama 30 menit dan direndam selama 21 hari dengan konsentrasi inhibitor (a) 0% dan (b) 3%

Dari kedua grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa muncul puncak Cu dan Cu_2O pada pola difraksi. Puncak Cu yang muncul menandakan bahwa pada proses elektrodeposisi pada baja mengandung bahan Cu, dimana Cu digunakan untuk melapisi baja SS-304 yang bertujuan untuk mengurangi laju korosi pada baja. Puncak lainnya yaitu puncak Cu_2O yaitu senyawa oksida tembaga (I) yang terbentuk ketika tembaga teroksidasi. Adanya puncak Cu_2O pada uji XRD menunjukkan interaksi antara Cu yang ada pada permukaan baja dengan medium korosif (Na_2SO_4).

Gambar 4(a) merupakan grafik hasil XRD pada sampel tanpa inhibitor. Pada gambar tersebut terdapat puncak difraksi Cu pada $2\theta = 43,3137$ dengan intensitas tertinggi yaitu 100% dan intensitas terendah berada pada posisi $2\theta = 92,4794$ dengan intensitas 1,5%. Keberadaan Cu_2O pada sampel ini berada pada $2\theta = 36,4333$ dengan intensitas tertinggi 90,46 dan intensitas terendah berada pada posisi $2\theta = 77,3736$ dengan intensitas 2,57%. Gambar 4(b) merupakan grafik hasil XRD pada sampel dengan penambahan inhibitor ekstrak daun binahong dengan konsentrasi 3%. Puncak Cu dengan intensitas tertinggi terdapat pada $2\theta = 43,3183$ dengan intensitas 100% dan pada $2\theta = 95,4703$ memiliki intensitas terendah yaitu 2,06%. Pada puncak difraksi Cu_2O , intensitas tertinggi berada pada $2\theta = 36,4315$ dengan nilai intensitas 19,52% dan pada puncak $2\theta = 77,4684$ memiliki intensitas 0,44% yang merupakan intensitas terendah pada puncak Cu_2O .

Berdasarkan pola difraksi pada Gambar 4 intensitas difraksi pada pola difraksi XRD menunjukkan bahwa intensitas Cu_2O pada sampel tanpa inhibitor lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang sudah ditambahkan inhibitor. Hal ini menunjukkan bahwa unsur Cu_2O lebih dominan pada baja tanpa inhibitor. Intensitas difraksi pada pola difraksi XRD secara umum mencerminkan jumlah foton sinar-X yang terdifraksi oleh struktur kristal baja (Chauhan & Chauhan, 2014). Semakin tinggi intensitas difraksi suatu puncak maka lebih banyak partikel yang terdapat pada puncak Cu_2O yang menandakan terjadinya korosi pada baja SS-304.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lapisan Cu terbukti dapat melapisi permukaan baja SS-304 dengan variasi penambahan inhibitor ekstrak daun binahong. Laju korosi dan efisiensi paling optimal adalah pada waktu elektrodeposisi 30 menit dan konsentrasi inhibitor 3%. Hasil karakterisasi morfologi permukaan baja menggunakan mikroskop optik memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inhibitor ekstrak daun binahong akan membentuk pelapisan yang semakin tebal, hasil yang paling optimal diperoleh pada konsentrasi 3%. Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa senyawa Cu_2O lebih dominan pada sampel tanpa inhibitor dibandingkan sampel dengan penambahan inhibitor ekstrak daun binahong.

DAFTAR PUSTAKA

Bahri, S. (2007). Penghambatan korosi baja beton dalam larutan garam dan asam dengan menggunakan campuran senyawa butilamina dan oktilamina. *Gradien*, 3(1), 231–236.

- Chauhan, A., & Chauhan, P. (2014). Powder XRD technique and its applications in science and technology. *J Anal Bioanal Tech*, 5(5), 1–5.
- Dahlan, D. (2009). Electrodeposition of Cu₂O Particles by Using Electrolyte Solution Containing Glucopone as Surfactant. *Jurnal Ilmu Fisika*, 1(2), 18–20.
- Djamil, R., PS, W., S, W., & M.Hanafi. (2012). Antioxidant Activity of Flavonoid From Anredera Cordifolia (Ten) Steenis Leaves. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(9), 241–243.
- Fontana, M. G., & Greene, N. D. (1967). *Corrosion Engineering*. McGraw-Hil. Singapore.
- Kayadoe, V., Fadli, M., Hasim, R., & Tomaso, M. (2015). Ekstrak daun pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) sebagai inhibitor korosi baja SS-304 dalam larutan H₂SO₄. *Molekul*, 10(2), 88–96.
- Khan, G., Newaz, K. M. S., Basirun, W. J., Ali, H. B. M., Faraj, F. L., & Khan, G. M. (2015). Application of natural product extracts as green corrosion inhibitors for metals and alloys in acid pickling processes- A review. *International Journal of Electrochemical Science*, 10(8), 6120–6134.
- Loveanda, D. U., & Dahlan, D. (2021). Sintesis Lapisan Antikorosi Menggunakan Tanin Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa* L) sebagai Inhibitor dengan Metode Elektrodeposisi dan Pencelupan. *Jurnal Fisika Unand*, 10(3), 288–295.
- Lubis, M. F., & Dahlan, D. (2020). Sintesis Lapisan Antikorosi Menggunakan Tanin dari Kulit Batang Bakau sebagai Inhibitor. *Jurnal Fisika Unand*, 9(2), 277–283.
- Mawarnis, E. R. (2021). *Kimia Dasar II*. Deepublish. Yogyakarta.
- Okafor, P. C., Ikpi, M. E., Uwah, I. E., Ebenso, E. E., Ekpe, U. J., & Umoren, S. A. (2008). Inhibitory action of *Phyllanthus amarus* extracts on the corrosion of mild steel in acidic media. *Corrosion Science*, 50(8), 2310–2317.
- Schlesinger, M., & Paunovic, M. (2011). *Modern Electroplating*. John Wiley & Sons. Sen, S. K., Pan, T. K., and Ghosal, P. USA.
- Tissos, N. P., Dahlan, D., & Yetri, Y. (2018). Synthesis of Cuprum (Cu) layer by electrodeposition method with *Theobroma cacao* peels as corrosion protector of steel. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(4), 6120–6134.
- Veronika, T., Yusuf, B., & Gunawan, R. (2018). Penurunan Kadar Ion Logam Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Metode Elektrodeposisi. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(1), 60–65.
- Yetri, Y., Mahaputri, S. A., & Dahlan, D. (2019). Sintesa Lapisan Nikel (Ni) pada Permukaan Baja dengan Metode Elektrodeposisi dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*). *Integrasi*, 11(2), 86–90.