



Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Inai (*Lawsonia inermis* L) Terhadap Laju Korosi Baja St37 dalam Larutan HCl 3%

Oricha Mutia Rani^{(a)*}, Ediman Ginting Suka^(b), dan Yanti Yulianti^(c)

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

Article Information

Article history:

Received July 16th, 2021

Received in revised form

July 17th, 2021

Accepted August 24th, 2021

Keywords: Henna leaves extract, St37 carbon steel, HCl, XRD, SEM-EDS.

Abstract

Henna leaves extract (*Lawsonia inermis* L) is used as a corrosion inhibitor in St37 steel soaked in 3% HCl corrosive medium. To find out the effect of inhibitor concentration on the corrosion rate of steel, the variation of inhibitor concentration is 0, 3, 5, 7 and 9%. Corrosion rate testing is done by mass loss method. Corrosion rate was tested on low carbon steel with and without inhibition of henna extract for 6 days. The results showed that the greater the concentration of inhibitor of henna extract used, the corrosion rate would decrease and the ability to inhibit corrosion would increase. The greatest corrosion efficiency occurred at a concentration of 9% with an efficiency of 88.84%. The results of X-Ray Diffraction (XRD) characterization showed that the phase formed was pure iron (Fe). Secondary Electron Microscopy (SEM) characterization showed uneven clusters and smaller sizes, holes and cracks were also less with the addition of inhibitory leaves extract than without the addition of inhibitory leaves extract. This result is reinforced by the percentage of corrosion products shown in the results of the characterization of Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).

Informasi Artikel

Proses artikel:

Diterima 16 Juli 2021

Diterima dan direvisi dari

17 Juli 2021

Accepted 24 Agustus 2021

Kata kunci: Ekstrak daun inai, baja karbon St37, HCl, XRD, SEM-EDS.

Abstrak

Ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja St37 yang direndam dalam medium korosif HCl 3%. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja dilakukan dengan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 0, 3, 5, 7 dan 9%. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan massa. Laju korosi diuji pada baja karbon rendah dengan dan tanpa inhibitor ekstrak daun inai selama 6 hari. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai yang digunakan maka laju korosi semakin berkurang dan kemampuan menginhibisi korosi akan meningkat. Efisiensi korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 9% dengan efisiensi sebesar 88,84%. Hasil karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni. Karakterisasi Secondary Electron Microscopy (SEM) memperlihatkan cluster (gumpalan) tidak merata dan ukuran lebih kecil, lubang (hole) dan retakan (crack) juga lebih sedikit dengan penambahan inhibitor ekstrak daun inai dibandingkan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun inai. Hasil ini diperkuat dengan persentase produk korosi yang ditunjukkan pada hasil karakterisasi Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).

1. Pendahuluan

Logam adalah salah satu material yang banyak digunakan sebagai bahan dari peralatan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu bahan logam yang banyak digunakan adalah baja. Baja merupakan salah satu jenis logam yang mempunyai popularitas tinggi karena logam ini mempunyai kemampuan untuk digunakan dalam berbagai macam kebutuhan, mudah dilas, mudah dibuat dan dibentuk serta harganya relatif murah. Namun baja juga merupakan jenis logam yang dapat mengalami kerusakan akibat proses alam yang disebut korosi atau orang awam menyebutnya pengkaratan (Ishak, 2016).

* Corresponding author.

E-mail address: (a)orichahs@gmail.com, (b)ediman.ginting@fmipa.unila.ac.id, (c)yanti.yulianti@fmipa.unila.ac.id

Korosi adalah suatu proses degradasi material atau hilangnya suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas akibat adanya proses reaksi kimia dengan lingkungannya. Lingkungannya dapat berupa air, udara, larutan, tanah, dan biologikal yang sering disebut sebagai media korosif. Secara termodinamika peristiwa korosi terjadi ketika lingkungannya memiliki potensial elektroda standar lebih positif dari suatu logam (Trethewey, K. R and Chamberlain, 1991). Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal, dan lain sebagainya (Udianto et al., 2009). Proses korosi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihentikan, namun dapat dicegah dengan banyak cara yaitu pelapisan pada permukaan logam dengan suatu lapisan tak tembus, seperti cat, penambahan inhibitor dan lain-lain. Sejauh ini, penambahan inhibitor merupakan salah satu cara yang efektif untuk mencegah korosi karena dalam penggunaannya memerlukan biaya relatif murah dan prosesnya sederhana (Mardina, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Handayani (2010) mengenai pengaruh inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) terhadap laju korosi baja St37 diukur dengan metode pengurangan massa dengan medium korosif HNO_3 dalam konsentrasi 0 N - 0,5 N serta waktu perendaman selama 1-10 hari. Pada variasi waktu perendaman konsentrasi HNO_3 adalah 0,5 N. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini laju korosi baja karbon St.37 yang sudah dilapisi oleh ekstrak daun inai 50g/1000mL lebih kecil dibandingkan tanpa dilapisi ekstrak daun inai dengan efisiensi inhibisinya berturut turut dari konsentrasi HNO_3 0 N sampai dengan 0,5 N adalah 81,96 % ; 78,92% ; 53,74% ; 44,85% ; 44,45% dan 39,65%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun inai mampu menghalangi serangan nitrat terhadap baja karbon St37 sehingga proses korosi berlangsung lambat. Berdasarkan hasil pengujian pada baja St37 diperoleh bahwa laju korosi tertinggi untuk sampel yang dikorosi dalam HNO_3 adalah 0,0112 g/cm².hari pada konsentrasi 0,5 N. Disamping itu penambahan ekstrak daun inai sebanyak 50g/1000mL kedalam larutan HNO_3 dapat menurunkan laju korosi. Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil pengujian korosi pada baja karbon St37 bahwa penambahan ekstrak daun inai sebanyak 50g/1000mL ke dalam larutan HNO_3 terbukti dapat menurunkan laju korosi baja karbon tersebut (Handani et al., 2015).

Pada penelitian ini, ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi baja karbon St37 yang direndam dalam larutan HCl 3%. Tanaman inai adalah tanaman yang ramah lingkungan, harganya relatif murah dan tidak beracun. Ekstrak daun inai efektif sebagai inhibitor pada sampel logam besi, tembaga dan aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk melihat laju korosi pada baja karbon St37 dalam medium korosif HCl 3% dengan penambahan inhibitor 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% dengan lama perendaman selama 6 hari. Sampel baja hasil korosi akan dikarakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) serta menentukan laju korosi menggunakan metode pengurangan massa (MERYANALINDA, 2014).

Penentuan laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$CR = \frac{kW}{AT\rho} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{(CR_0 - CR_x)}{CR_0} \times 100\% \quad (2)$$

dimana CR = laju korosi, k = konstanta laju korosi, W = selisih massa, T = waktu perendaman, A = luas permukaan, ρ = massa jenis logam dan η = efisiensi inhibisi.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, gelas ukur, botol sampel, spatula, pipet tetes, corong, aluminium foil, jangka sorong, benang nilon, kayu kecil, rotary vacuum evaporator, desiccator, neraca digital, alat pemotong baja, gergaji mesin, jangka sorong digital, polisher machine, kertas amplas, X-Ray Diffraction (XRD), Scanning electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun inai, baja karbon St37, asam klorida (HCl) 3%, etanol 96%, dan aquades.

2.2. Ekstraksi Daun Inai

Pembuatan larutan inhibitor ekstrak daun inai yaitu dengan mengeringkan daun inai sebanyak 3500 gram dalam suhu kamar selama 25 hari untuk menghilangkan kadar air. Menghaluskan daun inai yang telah kering dengan *blender* untuk memudahkan dan memaksimalkan proses ekstraksi. Mengekstrak daun inai yang telah halus dengan metode maserasi (Sanjaya et al., 2018). Memasukkan hasil maserasi daun inai ke dalam botol yang berisi etanol 96% selama 24 jam. Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring hingga diperoleh filtrat. Menguangkan filtrat dari hasil maserasi menggunakan alat penguat putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 50 °C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

2.3. Preparasi Sampel Baja

Preparasi sampel dengan memotong baja karbon St37 dengan ukuran 5 x 5 x 5 mm³ sebanyak 10 buah. Membersihkan dan menghaluskan permukaan baja menggunakan kertas amplas 400, 800, 1500, dan 2000 grid untuk menghilangkan kotoran dan bekas goresan pada saat pemotongan. Mencelupkan baja ke dalam aseton untuk membersihkan kotoran yang menempel pada baja.

2.4. Perendaman Sampel dalam HCl 3%

Pembuatan larutan HCl 3% menggunakan metode pengenceran, yaitu 4,2 ml HCl dilarutkan dengan aquades sebanyak 45,8 ml hingga larutan akhirnya menjadi 50ml. Pada tahap perendaman ini sampel yang digunakan ada

10 sampel, dimana 1 sampel *raw* dan 9 sampel ditambahkan inhibitor ekstrak daun inai. Kemudian masing-masing sampel direndam pada medium HCl 3% dengan waktu perendaman 6 hari.

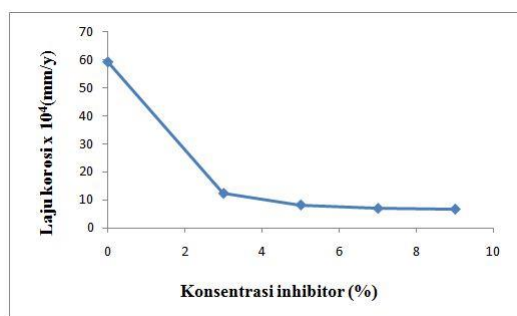
2.5. Analisis Laju Korosi

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat (Ilim & Hermawan, 2008). Dengan cara menimbang terlebih dahulu massa sampel sebelum terkorosi kemudian sampel yang telah direndam dibersihkan dan dikeringkan, lalu menimbang massa akhir sampel. Sampel baja yang telah mengalami pengkorosian kemudian diuji menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang bertujuan untuk mengetahui fasa dan produk-produk korosi yang terbentuk pada sampel dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang di lengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui struktur permukaan sampel dan melihat unsur-unsur kimia yang ada pada sampel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Laju Korosi

Gambar 1. memperlihatkan grafik hubungan antara konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) dengan laju korosi baja St37.

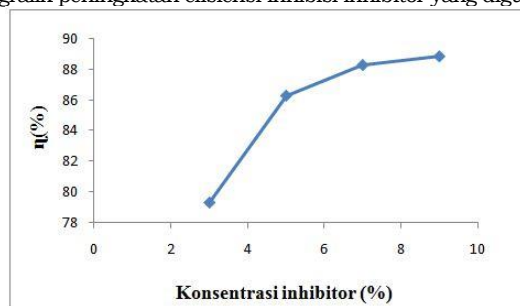


Gambar 1. Pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai terhadap laju korosi baja St37.

Grafik pada **Gambar 1.** menunjukkan bahwa inhibitor bekerja dengan baik karena selisih antara sampel tanpa inhibitor dan dengan inhibitor sangat besar. Lalu pada sampel selanjutnya dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor, laju korosi pada sampel juga ikut menurun. Pada konsentrasi inhibitor 5% laju korosinya turun menjadi sebesar $8,15 \times 10^4$ mm/tahun, pada konsentrasi inhibitor 7% laju korosinya sebesar $6,90 \times 10^4$ mm/tahun dan pada konsentrasi inhibitor 9% laju korosi kembali menurun yaitu sebesar $6,63 \times 10^4$ mm/tahun. Hal ini sesuai dengan teori yang ada dimana dengan bertambahnya konsentrasi tanin maka akan menggeser nilai laju korosi ke arah yang lebih rendah (G, 2017).

Pemberian inhibitor berperan dalam mengurangi laju korosi dan dapat meningkatkan nilai inhibisi. Efisiensi inhibisi pada medium korosif HCl 3% dengan konsentrasi inhibitor 3%, 5%, 7% dan 9% masing-masing sebesar 79,30% ; 86,28% ; 88,38% dan 88,84%. Efisiensi terbesar terjadi pada saat konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) sebesar 9% dimana mencapai efisiensi 88,84%. Hal ini terjadi karena pada perendaman dengan medium korosif HCl 3% dengan konsentrasi 9% senyawa tanin dalam ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) membentuk lapisan tipis yang relatif banyak dan merata sehingga dapat menghalangi masuknya ion-ion korosif pada permukaan baja karbon St37 (Sari et al., 2013).

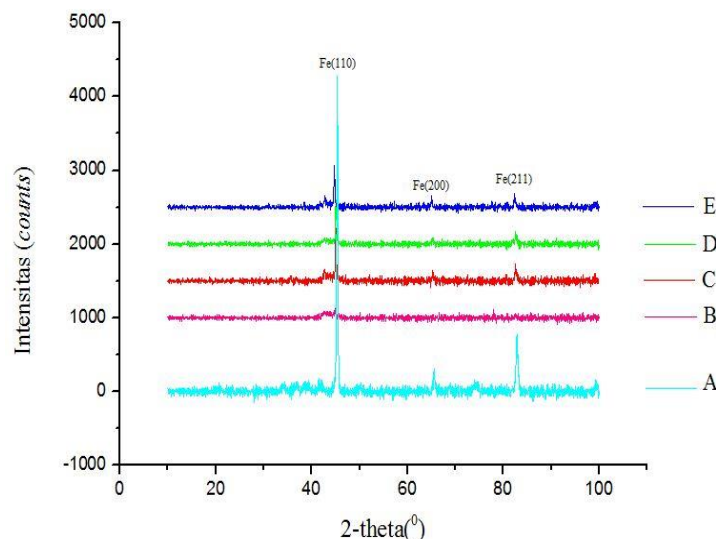
Gambar 2. memperlihatkan grafik peningkatan efisiensi inhibisi inhibitor yang digunakan.



Gambar 2. Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L).

3.2. X-Ray Diffraction (XRD)

Uji *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari baja St37. Pengujian XRD dilakukan pada sampel St37 *raw* , St37-Pb-2, St37-In-9-M, St37-In-5-M dan St37-In-9. **Gambar 3.** Memperlihatkan hasil difraktogram sampel.

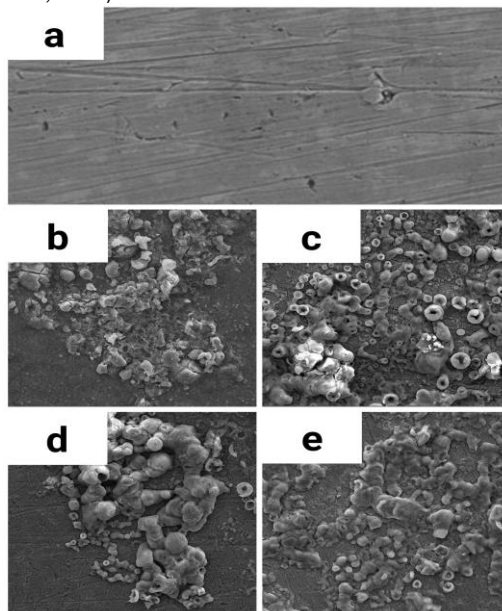


Gambar 3. Difraktogram dari (A) St37 raw, (B) St37-Pb-2, (C) St37-In-9-M, (D) St37-In-5-M dan (E) St37-In-9.

Berdasarkan hasil analisis difraktogram dari sampel St37 raw, St37-Pb-2, St37-In-9-M, St37-In-5-M dan St37-In-9 yang ditunjukkan oleh **Gambar 3**, ada 3 puncak fasa besi (Fe) tertinggi dimana puncak pertama dengan 2θ sebesar 45,325 dan $d(\text{\AA})$ (jarak antar bidang) sebesar 1,999 serta intensitas 100%. Puncak kedua dengan 2θ sebesar 65,520 dan $d(\text{\AA})$ (jarak antar bidang) sebesar 1,423 serta intensitas 13,5%. Puncak yang terakhir dengan 2θ sebesar 82,789 dan $d(\text{\AA})$ (jarak antar bidang) sebesar 1,165 serta intensitas 24,2%.

3.3. Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

Gambar 4. Memperlihatkan hasil analisis SEM. Foto SEM dilakukan untuk melihat permukaan yang telah terkorosi. Sama halnya dengan analisis XRD, analisis SEM dilakukan pada lima sampel yaitu St37 raw, St37-Pb-2, St37-In-9-M, St37-In-5-M dan St37-In-9. Elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa, permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan *backscattered* elektron memberikan perbedaan berat molekul dari atom-atom yang menyusun permukaan, atom dengan berat molekul lebih besar akan berwarna lebih cerah dari pada atom dengan berat molekul rendah (Laju et al., 2012).



Gambar 4. Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM) (a) St37 raw, (b) St37-Pb-2, (c) St37-In-9-M, (d) St37-In-5-M dan (e) St37-In-9

Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa sampel baja yang digunakan telah mengalami korosi setelah dilakukan perendaman. Ini terlihat dari permukaan sampel St37-Pb-2, St37-In-9-M, St37-In-5-M dan St37-In-9 yang tampak berbeda dengan sampel St37 raw. Pada sampel St37 raw terlihat rata tanpa adanya produk korosi, namun pada sampel yang telah dilakukan perendaman baik menggunakan inhibitor ekstrak daun inai maupun menggunakan inhibitor pabrikan terbentuk butir, lubang, hingga cekungan akibat terkorosi.

Gambar 4(a). merupakan hasil analisis pada sampel St37 raw adanya garis-garis halus yang terlihat pada sampel disebabkan oleh pengaruh dari pengamplasan. Masih terlihat bahwa pada permukaan baja belum ada retakan, cekungan dan juga gumpalan namun terlihat adanya lubang pada sampel. Tujuan dilakukan SEM pada sampel St37 raw ini adalah

sebagai acuan dan pembanding untuk sampel-sampel yang telah diberi berbagai perlakuan. Sedangkan pada Gambar 4(b)-4(e). Terlihat pada permukaan baja adanya retakan, cekungan, gumpalan dan terlihat adanya lubang pada sampel yang menandakan bahwa sampel-sampel tersebut telah mengalami korosi. Hasil SEM ini memperkuat hasil perhitungan efisiensi inhibitor dimana semakin bertambah besarnya konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai yang digunakan maka semakin rendah laju korosi yang dihasilkan sehingga jika laju korosi semakin rendah maka efisiensi inhibitor semakin tinggi.

Setelah dilakukan uji SEM, dilakukan pula uji *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) yang bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur atau senyawa yang terdapat pada sampel. Pada pengujian EDS menggunakan detector SE (*Secondary electron*), ini bertujuan agar permukaan baja yang telah terkorosi terlihat dengan jelas. Hasil uji EDS pada sampel dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil analisis EDS unsur yang terdapat pada masing-masing sampel.

Unsur	Persentase (%)				
	St37 raw	St37-Pb-2	St37-In-9-M	St37-In-5-M	St37-In-9
C	6,45	10,85	8,69	11,60	10,40
O	21,19	25,64	24,80	23,20	24,65
Al	0,17	0,14	0,06	0,08	0,07
Si	0,42	2,29	0,23	0,11	0,14
Mn	0,61	-	-	-	-
Cr	-	0,37	0,46	0,18	0,20
Fe	71,16	60,71	66,04	64,85	64,50

Pada **Tabel 1**. terlihat bahwa semua sampel memiliki unsur utama besi (Fe), karbon (C) sebagai unsur pendukung, aluminium (Al), Silikon (Si), mangan (Mn), kromium (Cr) serta adanya unsur oksigen (O). Oksigen berasal dari udara yang berikatan langsung dengan besi, oksigen ini dapat menyebabkan terjadinya korosi jika dibiarkan berinteraksi terlalu lama. Kadar karbon yang berbeda dari hasil analisis *Optical Emission Spectrometry* (OES) kemungkinan disebabkan karena pengaruh lingkungan, selain itu dapat disebabkan adanya sisa amplas yang masih tertinggal, dimana kertas amplas yang digunakan mengandung material *silicon carbide* (SiC). Berdasarkan hasil analisis OES mengenai kandungan baja St37 semua unsur yang terdeteksi pada hasil EDS ini terdeteksi pula oleh analisis OES.

Unsur besi (Fe) yang terdeteksi pada sampel St37-Pb-2, St37-In-9-M, St37-In-5-M dan St37-In-9 lebih kecil dibandingkan dengan sampel baja St37 raw karena sampel-sampel ini telah mengalami korosi sehingga kadar besi dalam sampel berkurang. Selain itu pada sampel baja St37 raw terdapat unsur mangan (Mn) namun tidak ada pada sampel yang lainnya, namun terdapat unsur kromium (Cr). Kandungan unsur karbon tertinggi ada pada sampel St37-In-5-M, sedangkan kandungan silikon (Si) terbesar ada pada sampel St37-Pb-2. Selanjutnya terdeteksi pula unsur oksigen (O) yang terbentuk setelah sampel direndam. Oleh karena itu sampel selain St37 raw ini dapat dipastikan telah terkorosi karena kehadiran oksigen dalam sampel (Anggaretno, 2012).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) yang digunakan maka laju korosi akan semakin menurun. Efisiensi inhibitor akan semakin meningkat ketika laju korosi pada sampel baja St37 semakin menurun, jadi seiring dengan penambahan besar konsentrasi dari 3%, 5%, 7% hingga 9% maka efisiensi inhibitor semakin meningkat masing-masing menjadi 79,30%; 86,28%; 88,38% hingga 88,84%. Hasil analisis XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni pada bidang 110, 200, dan 211 dengan struktur kristal BCC. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM sampel yang telah mengalami korosi memperlihatkan gumpalan (*cluster*) tidak merata, lubang (*hole*) dan retakan (*crack*) yang tidak ada pada baja St37 raw, hal ini diperkuat dengan persentase unsur yang dihasilkan pada analisis EDS. Dari ketiga hasil analisis dan perhitungan laju korosi didapatkan bahwa inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis* L) efektif dalam menghambat laju korosi baja St37 dengan medium korosif HCl 3% pada konsentrasi 3%, 5%, 7% dan 9 %.

5. Daftar Pustaka

- Anggaretno, G. (2012). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65. *Jurnal Teknik ITS*.
- G, A. S. (2017). Efektifitas Ekstrak Daun Sirsak sebagai Inhibitor pada Baja Karbon Api 5L dalam Larutan NaCl 3 %. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*.
- Handani, S., Wildani, S., & -, E. (2015). Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Inai (*Lawsonia Inermis*) Terhadap Laju Korosi Baja ST. 37 Diukur dengan Metode Pengurangan Massa. *Jurnal Riset Kimia*. <https://doi.org/10.25077/jrk.v4i1.148>
- Ilim, & Hermawan, B. (2008). Study Penggunaan Ekstrak Buah Lada, Buah Pinang dan Daun Teh sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan yang Jenuh Gas CO₂. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi II*.
- Ishak, I. (2016). Kinerja Inhibitor Na₂CrO₄ Dalam Larutan NaCl Untuk Melindungi Baja Tahan Karat Austenitik Tersensitisasi Dari Serangan SCC. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*. <https://doi.org/10.30811/jstr.v2i1.63>

-
- Laju, S., Morfologi, S., Putri, A. M., & Rochani, I. (2012). Studi Laju Korosi dan Surface Morfologi Pipa Bawah Laut API 5L Grade X65 dengan Variasi Sudut Bending. *Jurnal Teknik ITS*.
- Mardina, D. (2018). Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava* Linn) Sebagai Inhibitor Pada baja Karbon St37 Dalam Medium Korosif NaCl 3%. *Universitas Lampung*.
- Meryanalinda, A. R. (2014). Perhitungan dan Analisis Laju Korosi. *Laju Korosi*.
- Sanjaya, R., Ginting, E., & Riyanto, A. (2018). Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* l) sebagai Inhibitor pada Baja ST37 dalam Medium Korosif NaCl 3% dengan Variasi Waktu Perendaman. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v6i2.1839>
- Sari, D. M., Handani, S., & Yetri, Y. (2013). Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia sinensis*). *Jurnal Fisika Universitas Andalas*.
- Trethewey, K. R and Chamberlain, J. (1991). Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa. In *Jurnal Matematika Dan Sains*.
- Udianto, a N. B., Urwantini, K. R. P., Ujitno, B. a T. J. S., Babarsari, J., Pos, K., & Yogyakarta, Y. (2009). Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan Material Karat Structure Observation of. *Jfn*, 3(2), 107–130.