

## EKSTRAK DAUN KECAPI SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA DALAM MEDIUM ASAM KLOORIDA

Sari Wahyuni <sup>1)</sup>, Suryati <sup>2)</sup>, Emriadi <sup>3)\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

E-mail : [emriadi@sci.unand.ac.id](mailto:emriadi@sci.unand.ac.id)

### A B S T R A K

#### Detail Artikel

Diterima : 8 April 2022  
Direvisi : 22 April 2022  
Diterbitkan : 28 April 2022

#### Kata Kunci

*Sandoricum koetjape*  
(*Burm.f.*) Merr  
inhibitor korosi  
baja  
adsorpsi  
weight loss

#### Penulis Korespondensi

Name : Emriadi  
Affiliation : Jurusan Kimia, Fakultas  
Matematika dan Ilmu Pengetahuan  
Alam, Universitas Andalas  
E-mail : [emriadi@sci.unand.ac.id](mailto:emriadi@sci.unand.ac.id)

*Ekstrak daun kecap (*Sandoricum koetjape*, (*Burm.f.*) Merr) memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenolik dan triterpenoid yang berpotensi sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan. Metode yang digunakan dalam ekstrak daun kecap dalam medium asam klorida 1 N sebagai inhibitor korosi baja dilakukan dengan metode kehilangan berat (*weight loss*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Data dari metode kehilangan berat memperlihatkan bahwa laju korosi berbanding terbalik dengan konsentrasi inhibitor dan berbanding lurus dengan suhu, sedangkan nilai efisiensi inhibisi berbanding lurus dengan suhu dan konsentrasi inhibitor. Nilai efisiensi inhibisi maksimum yang diperoleh yaitu 86,61% pada konsentrasi ekstrak 6 g/L dan suhu perendaman 60°C. Adsorpsi ekstrak daun kecap mengikuti adsorpsi isoterm Langmuir.*

### A B S T R A C T

*Kecapi (*Sandoricum koetjape*, (*Burm.f.*) Merr) leaf extract contains secondary metabolites such as alkaloids, flavonoids, phenolics and triterpenoids which may be an environmentally friendly corrosion inhibitor. The method used in extraction of kecap leaves in 1 N hydrochloric acid as a steel corrosion inhibitor was carried out by weight loss, FTIR (*Fourier Transform Infrared*) and SEM (*Scanning Electron Microscopy*) methods. The data from the weight loss method revealed that the rate was inversely proportional to the*

*concentration of the inhibitor and directly proportional to the temperature, while the value of the efficiency inhibition was directly proportional to the temperature and concentration of the inhibitor. The maximum efficiency inhibition value obtained was 86.61% at an extract concentration of 6 g/L and an immersion temperature of 60°C. The adsorption of kecap leaf extract followed the Langmuir adsorption isotherm.*

## PENDAHULUAN

Baja memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dikarenakan baja memiliki struktur dan sifat mekanik yang baik (Salhi et al., 2017). Baja menjadi pilihan utama sebagai material yang paling banyak diminati dalam industri contohnya petroleum, kimia, elektrokimia serta makanan (Khadom et al., 2017) dan (Dehghani et al., 2019). Asam klorida merupakan asam kuat yang paling banyak digunakan dalam membersihkan peralatan industri. Jika kontak secara terus menerus antara baja dengan HCl tanpa diberikan perlindungan maka baja tersebut rentan mengalami korosi (Sohail et al., 2018).

Inhibitor adalah salah satu metode untuk perlindungan terhadap korosi sekaligus memperpanjang masa pakai logam (Bright et al., 2015). Inhibitor korosi yang biasa digunakan terdiri dari senyawa anorganik atau organik (Yetri et al., 2016). Penggunaan inhibitor korosi dari tumbuhan yang mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, triterpenoid, steroid, fenolik, saponin dan flavonoid. Senyawa organik tersebut memiliki kandungan heteroatom seperti (oksigen, nitrogen dan belerang), gugus elektronegatif serta ikatan rangkap konjugasi sebagai pusat adsorpsi utama dari inhibitor korosi. Senyawa ini diharapkan dapat mencegah korosi dengan teradsorpsi pada permukaan baja (Clemente et al., 2014).

Beberapa tahun terakhir upaya pencegahan korosi dengan pemanfaatan ekstrak bahan alam sudah banyak dilakukan. Contohnya, penggunaan *xanthium strumarium* leaves extract, *Gnetum Gnemon* . L Peel extract, dan *Coriandrum sativum* L. Seeds extract ( Emriadi et al., 2018), ( Khadom et al., 2017) dan (Kadiri et al., 2018). Tanaman tersebut aman, biaya murah, ramah lingkungan dan mudah didapatkan.

Daun kecap (*Sandoricum koetjape*, (Burm.f.) Merr) merupakan tanaman obat dari famili Meliaceae yang termasuk dalam tumbuhan asli kawasan Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Kamboja dan Laos Selatan (Efdi et al., 2012). Di Indonesia kecap memiliki nama-nama berbeda-beda, misalnya pono, setul (Aceh), hasapi, sotul (Batak), kasapi, santu (Makassar), sentul (Jawa) dan kapunduang (Sumatera Barat). Daun kecap mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenolik dan triterpenoid (Susanti et al., 2016). Kandungan metabolit sekunder pada daun kecap berpotensi sebagai inhibitor korosi. Namun, belum ada peneliti melakukan penelitian mengenai pemanfaatan ekstrak daun kecap sebagai inhibitor. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian ekstrak daun kecap dalam medium asam klorida 1 N sebagai inhibitor korosi baja yang ramah lingkungan dan terjangkau mengendalikan berbagai permasalahan korosi.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik (Kern), jangka sorong (*digital caliper Inoki*), ampelas besi, kaca arloji, labu didih, oven, *rotary evaporator* (Heidolph Laborota 4000), *waterbath* (Innotech BJPX Rock Ford), gerinda, termometer, alat gelas, *hot plate*, FTIR (merck PerkinElmer type FT-IR Spectrometer Frontier), dan SEM (merck HORIBA EMAX x-act).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja, daun kecap, asam klorida (Smart Lab), akuades, metanol, aseton dan kertas saring.

### Persiapan Spesimen Baja

Spesimen baja dipersiapkan dengan ukuran 2 cm x 1 cm dengan ketebalan 1 mm. Kemudian dibersihkan dan dihaluskan permukaannya dengan menggunakan ampelas besi dan dibilas dengan akuades. Permukaan baja dibilas dengan aseton untuk menghilangkan lemak yang mungkin menempel pada spesimen. Selanjutnya baja dikeringkan dalam oven. Setelah kering, baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat awal ( $m_1$ ).

### Pengukuran Kehilangan Berat (*Weight Loss*)

Penentuan laju korosi berdasarkan metode kehilangan berat dengan adanya pengaruh suhu dilakukan dengan cara baja direndam dalam 50 mL medium HCl 1 N dengan berbagai konsentrasi ekstrak daun kecap dan dengan variasi suhu yaitu, 30°, 40°, 50°, dan 60°C. Baja tersebut direndam selama 7 jam menggunakan *waterbath*. Kemudian dibersihkan, dicuci, dan dikeringkan dalam oven. Setelah kering baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat akhir ( $m_2$ ) sehingga didapatkan kehilangan berat ( $\Delta m$ ) dengan mengurangkan berat awal baja dengan berat akhir baja setelah perendaman. Kehilangan berat digunakan untuk menghitung laju korosi dan efisiensi inhibisi ekstrak daun kecap.

### Pengukuran *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengukuran FTIR dilakukan dengan cara baja direndam dalam medium HCl 1 N tanpa dan dengan adanya ekstrak daun kecap selama 7 hari. Baja setelah perendaman dikeringkan kemudian diambil lapisan yang menempel pada permukaan baja dengan cara mengikisnya, dan dianalisis dengan FT-IR menggunakan plat pellet KBr, dilakukan juga pengukuran FT-IR untuk ekstrak daun kecap.

### Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Baja direndam dalam HCl 1 N tanpa dan dengan adanya ekstrak daun kecap selama 7 hari. Kemudian baja dikeringkan dan dilakukan analisis SEM dan analisis juga dilakukan untuk baja tanpa perendaman dan baja yang direndam dalam medium korosif HCl 1 N dengan ekstrak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Kehilangan Berat (Weight Loss)

Metode kehilangan berat digunakan untuk melihat pengaruh laju korosi pada logam sebagai akibat penambahan variasi konsentrasi inhibitor berupa ekstrak daun kecap dalam medium HCL 1 N (Victoria et al., 2015) dan (Kadiri et al., 2018). Dari kehilangan berat dapat dihitung laju korosi dan efisiensi inhibisi dengan persamaan:

Persamaan Penentuan laju korosi

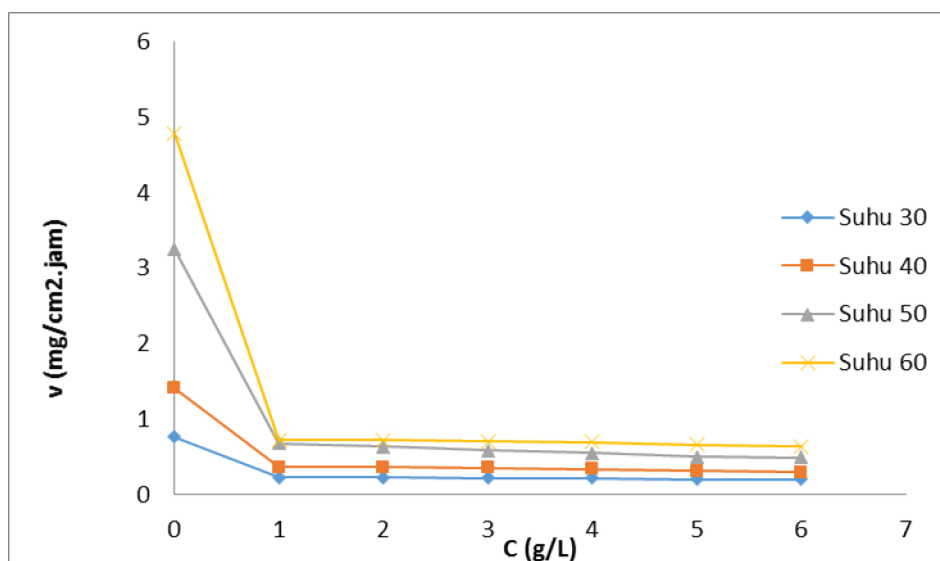
$$v = \frac{W_1 - W_2}{A \times t}$$

Dimana  $v$  adalah laju korosi ( $\text{mg}/\text{cm}^2\text{jam}$ ),  $W_1$  adalah berat awal baja ( $\text{mg}$ ),  $W_2$  adalah berat akhir baja ( $\text{mg}$ ),  $A$  adalah luas permukaan baja ( $\text{cm}^2$ ),  $t$  adalah waktu perendaman baja ( $\text{jam}$ ).

Persamaan Penentuan efisiensi inhibisi

$$EI = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\%$$

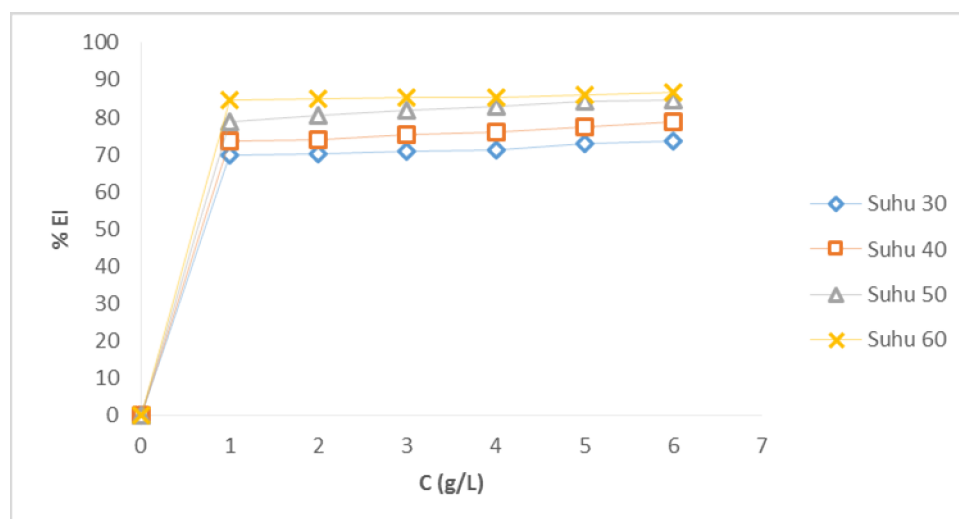
Dimana  $V_1$  adalah laju korosi sebelum perendaman ( $\text{mg}/\text{cm}^2\text{jam}$ ),  $V_2$  adalah laju korosi setelah perendaman ( $\text{mg}/\text{cm}^2\text{jam}$ ) dan EI adalah efisiensi inhibisi (%)



**Gambar 1. Pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap laju korosi baja dalam HCl 1 N dengan variasi suhu**

Gambar 1 memberikan informasi pengaruh laju korosi dengan variasi konsentrasi ekstrak pada suhu 30, 40, 50, dan 60°C dengan metode kehilangan berat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai laju korosi meningkat seiring dengan naiknya suhu dan penurunan konsentrasi inhibitor. Ketika suhu dinaikkan, ada ataupun tanpa adanya inhibitor akan menyebabkan laju korosi meningkat (Haldhar et al., 2019) dan (Haldhar et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh energi kinetik partikel di dalam medium semakin besar, sehingga tumbukan antar partikel juga semakin besar dan laju korosi semakin cepat terjadi. Namun, kenaikan konsentrasi inhibitor menyebabkan laju korosi menurun (Okewale & Olaitan, 2017). Sebaliknya dengan peningkatan konsentrasi ekstrak daun kecap maka laju korosi menurun. Hal ini membuktikan bahwa bertambahnya konsentrasi ekstrak disebabkan oleh adanya senyawa yang terkandung dalam ekstrak yang teradsorpsi pada permukaan baja sehingga memperlambat laju korosi (Zheng et al., 2017).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai laju korosi paling besar didapatkan sebesar 4,7751 mgcm<sup>-2</sup>jam pada suhu 60°C dan nilai laju korosi paling kecil dengan konsentrasi ekstrak 0,2038 mgcm<sup>-2</sup>jam diperoleh suhu 30°C pada medium HCl 1 N.



**Gambar 2. Pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam HCl 1 N dengan variasi suhu**

Efisiensi inhibisi merupakan ukuran kemampuan ekstrak dalam menghambat terjadinya proses korosi. Efisiensi inhibisi bergantung pada konsentrasi ekstrak dan suhu medium (Odidika et al., 2017).

Semakin besar konsentrasi ekstrak yang ditambahkan ke dalam medium korosif, maka jumlah senyawa metabolit sekunder yang teradsorpsi ke permukaan baja juga semakin banyak. Pada proses adsorpsi akan dihasilkan senyawa kompleks antara ion besi dengan

senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak daun kecap melalui ikatan kovalen koordinasi sehingga terbentuknya lapisan pelindung pada permukaan baja (Okewale & Olaitan, 2017) dan (Selvi et al., 2020). Sebaliknya nilai efisiensi inhibisi dan penambahan konsentrasi ekstrak juga dipengaruhi oleh suhu. Hal ini dibuktikan bahwa semakin naik suhu maka nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan semakin naik sehingga terjadi kemisoransi antara ekstrak dan permukaan baja. Nilai efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh pada konsentrasi 6 g/L sebesar 86,61% pada suhu 60°C. Adanya adsorpsi senyawa kimia yang terdapat pada ekstrak membentuk lapisan pada permukaan baja yang dapat melindungi baja dari reaksi korosi.

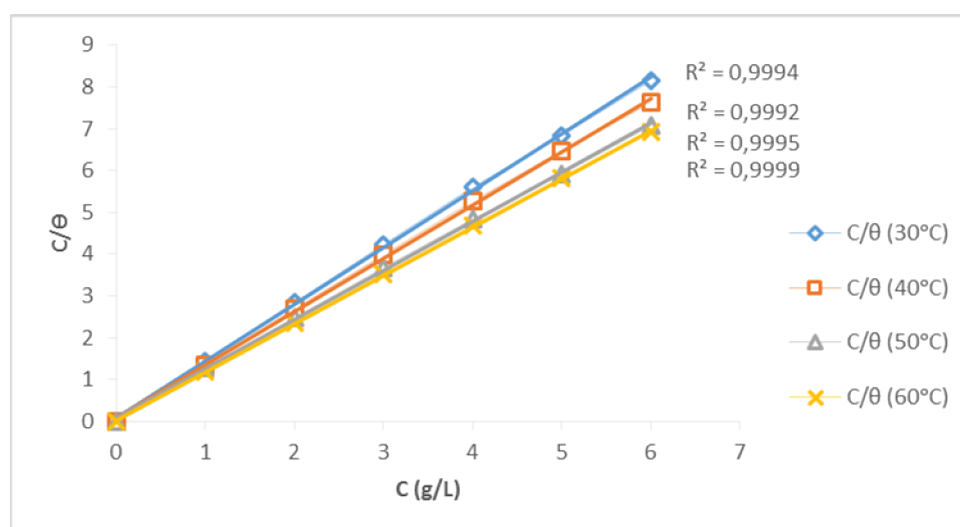
### Penentuan Isoterm Adsorpsi

Isoterm Langmuir menunjukkan terbentuknya lapisan monolayer. Model isoterm adsorpsi Langmuir dapat dijelaskan melalui persamaan berikut:

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} + C$$

Dimana C adalah konsentrasi inhibitor (%b/v),  $\theta$  adalah derajat penutupan permukaan dan  $K_{ads}$  adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi.

Penentuan isoterm adsorpsi telah dilakukan menggunakan perhitungan persamaan isoterm Langmuir karena aluran antara C dengan  $C/\theta$  memberikan garis lurus dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) 0,9999 (mendekati 1), dimana C adalah konsentrasi ekstrak daun kecap dan  $C/\theta$  konsentrasi ekstrak daun kecap per derajat penutupan terlihat pada Gambar 3. Hal ini membuktikan bahwa inhibitor ini mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir dalam medium korosif HCl 1 N karena molekul ekstrak yang menyerap menempati lokasi adsorpsi yang khas pada antarmuka logam/larutan (Emriadi et al., 2016). Isoterm Langmuir menunjukkan penyerapan ekstrak daun kecap pada permukaan baja membentuk lapisan tunggal (monolayer) sehingga ikatan antara senyawa di dalam ekstrak daun kecap dengan baja semakin kuat.



**Gambar 3. Isoterm Adsorpsi Langmuir untuk korosi baja dalam HCl 1 N dengan variasi konsentrasi ekstrak pada suhu yang berbeda**

Isoterm adsorpsi Langmuir dapat digunakan menentukan nilai konstanta adsorpsi ( $K_{ads}$ ) ekstrak daun kecap pada permukaan baja dan nilai energi Gibbs ( $\Delta G_{ads}$ ) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Parameter termodinamika untuk adsorpsi ekstrak pada baja dalam HCl 1 N pada suhu yang berbeda**

Suhu (°K)	$K_{ads}$	$\Delta G_{ads}$ (kJ/mol)	$\Delta H_{ads}$ (kJ/mol)	$\Delta S_{ads}$ (J/mol)	$R^2$
303	1,28	-18,02			0,999
313	10,43	-24,07			0,999
323	12,32	-25,29	85,07	285,83	0,999
333	34,78	-28,95			0,999

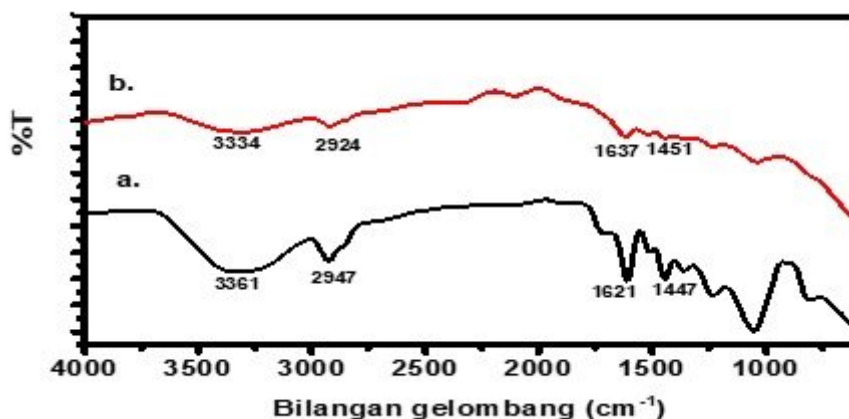
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai  $K_{ads}$  semakin besar dengan meningkatnya suhu. Hal ini dapat dibuktikan dengan peningkatan persentase efisiensi inhibisi tertinggi didapatkan pada suhu tertinggi. Nilai energi Gibbs ( $\Delta G_{ads}$ ) menunjukkan negatif, oleh karena itu molekul inhibitor teradsorpsi secara spontan pada permukaan baja. Untuk nilai  $\Delta G_{ads}$  kurang dari -20 kJ/mol disebut dengan interaksi elektrostatis antara inhibitor dan permukaan baja bermuatan (fisorpsi) dan nilai lebih dari atau lebih negatif -40 kJ/mol disebut juga dengan pembagian muatan atau transfer dari ekstrak ke permukaan baja dan membentuk ikatan kovalen koordinasi (kemisorpsi). Berdasarkan penelitian, diperoleh hasil bahwa nilai  $\Delta G_{ads}$  berada diantara -20 sampai -40 kJ/mol yang mengindikasikan bahwa jenis adsorpsi yang terjadi adalah fisorpsi dan kemisorpsi (Meena & Chaturvedi, 2020), dan (Okewale & Adebayo, 2020). Nilai  $\Delta G_{ads}$  sekitar -20 kJ/mol atau lebih negatif menunjukkan terjadinya fisorpsi dan mengarah ke kemisorpsi.

Nilai entalpi adsorpsi  $\Delta H_{ads}$  positif menunjukkan bahwa adsorpsi ekstrak ke permukaan baja adalah proses endoterm. Nilai  $\Delta S_{ads}$  positif menunjukkan terjadinya proses adsorpsi pada peningkatan entropi disebabkan oleh adsorpsi inhibitor komponen dalam air dari permukaan (Hegazy et al., 2013) dan (Verma et al., 2016).

#### ***Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR)***

Analisis menggunakan FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa organik yang terdapat di dalam ekstrak daun kecap yang dapat menurunkan laju korosi dengan teradsorpsi pada permukaan baja (Devikala et al., 2019).





**Gambar 4. Spektrum FTIR dari (a) ekstrak daun kecap, (b) produk korosi baja dalam HCl 1 N dengan penambahan 6 g/L ekstrak daun kecap**

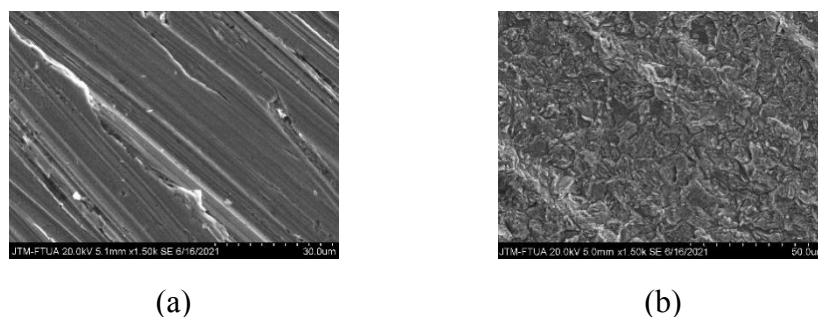
Gambar 4 (a) memperlihatkan adanya gugus fungsi seperti gugus hidroksil (-OH) pada bilangan gelombang 3361  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-H alifatik pada bilangan gelombang 2947  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=C pada bilangan gelombang 1621  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-O pada bilangan gelombang 1447  $\text{cm}^{-1}$ . Pada Gambar 4.9 (b) memperlihatkan spektrum gugus -OH pada bilangan gelombang 3334  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-H pada bilangan gelombang 2924  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=C pada bilangan gelombang 1637  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-O pada bilangan gelombang 1451  $\text{cm}^{-1}$ .

Gambar 4 (a) dan (b) disimpulkan memiliki pergeseran bilangan gelombang disebabkan oleh tanpa dan adanya ekstrak daun kecap memiliki peran sebagai inhibitor korosi pada baja. Pergeseran bilangan gelombang menunjukkan adanya interaksi antara ekstrak daun kecap dengan baja membentuk lapisan pasif pada permukaan baja sehingga mengurangi laju korosi baja (Yetri et al., 2016)(Verma et al, 2016). Pergeseran terjadi pada adsorpsi gugus -OH bilangan gelombang 3361  $\text{cm}^{-1}$  menjadi bilangan gelombang 3334  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-H alifatik pada bilangan gelombang 2947  $\text{cm}^{-1}$  menjadi bilangan gelombang 2924  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=C pada bilangan gelombang 1621  $\text{cm}^{-1}$  menjadi bilangan gelombang 1637  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-O pada bilangan gelombang 1447  $\text{cm}^{-1}$  menjadi bilangan gelombang 1451  $\text{cm}^{-1}$ . Berdasarkan data spektrum FTIR dimungkinkan bahwa ekstrak daun kecap berpotensi sebagai inhibitor korosi Pada permukaan baja yang dapat dilihat pada pergeseran spektrum dan perubahan ketajaman serta bentuk puncak.

#### ***Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)***

Gambar 5 memperlihatkan bentuk permukaan baja dengan pengaruh perendaman dengan medium HCl 1 N dengan penambahan ekstrak 6 g/L dengan perbesaran 1500x. Gambar 5 (a) memperlihatkan morfologi permukaan baja tanpa perlakuan terlihat pada permukaan baja masih terlihat halus dengan goresan kecil akibat pengaruh menggerinda dan mengamplas pada permukaan baja, tidak terkorosi, dan tidak terlihat permukaan yang berlobang.





**Gambar 5. Hasil SEM permukaan baja (a) baja sebelum direndam (tanpa perlakuan) dan (b) baja setelah direndam dengan HCl 1 N + ekstrak 6 g/L.**

Gambar 5 (b) merupakan morfologi permukaan baja yang direndam di dalam medium HCl 1 N dengan adanya penambahan ekstrak daun kecap 6 g/L menunjukkan morfologi baja lebih rata dan halus dibandingkan dengan baja yang direndam di dalam larutan HCl 1 N saja. Hal ini disebabkan karena adanya lapisan pelindung dari ekstrak daun kecap yang teradsorpsi pada permukaan baja sehingga permukaan baja lebih rata dan halus. Hal ini mengakibatkan seranga korosi menurun karena permukaan baja yang terlapsi oleh ekstrak dalam daun kecap (Salim et al., 2020).

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun kecap sebagai inhibitor korosi baja karena memiliki kandungan metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenolik dan triterpenoid. Nilai laju korosi berbanding terbalik dengan konsentrasi ekstrak dan berbanding lurus dengan suhu. Nilai efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh pada konsentrasi ekstrak 6 g/L yaitu 86,61% tanpa penambahan iodida pada suhu 60°C. Inhibitor ekstrak daun kecap mengikuti pola adsorpsi isoterm Langmuir. Analisis FTIR menunjukkan adanya interaksi antara ekstrak daun kecap dengan permukaan baja. Karakterisasi menggunakan SEM membuktikan bahwa ekstrak daun kecap tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak dilihat dari perbedaan morfologi permukaan baja sebelum dan setelah dilakukan penambahan ekstrak daun kecap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bright, A., Maragatham S, M. R., VizhiI, M., Kalirajan, K., & Selvara, J. (2015). Solanum Torvum Fruits Extract as an Eco-Friendly Inhibitor on Copper in Acid Medium. *Research Journal of Chemical Sciences*, 5(11), 31–39.
- Clemente, E., Rodriguez, J. G., & Cisneros, M. G. (2014). Allium sativum as Corrosion

- Inhibitor for Carbon Steel in Sulfuric Acid. *Int. J. Electrochem. Sci*, 9(9), 5924–5936.
- Dehghani, A, Bahlakeh, G, Ramezanzadeh, B. (2019). Green *Eucalyptus* leaf extract: a potent source of bio-active corrosion inhibitors for mild steel. *Biochemistry*, 130, 1-10.
- Devikala S., Kamaraj, P., Arthanareeswari, M., & Pavithra, S. (2019). Green Corrosion inhibition of mild steel by asafoetida extract extract in 3.5% NaCl. *Materials Today: Proceedings*, 14, 590–601.
- Efdi M., Ninomiya, M., Suryani, E., Tanaka, K., Ibrahim, S., Watanabe, K., & Koketsu, M. (2012). Sentulic acid: A cytotoxic ring A-seco triterpenoid from *Sandoricum koetjape* Merr. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 22(13), 4242–4245.
- Emriadi, Santoni, A., & Stiadi, Y. (2016). Adsorptive and thermodynamic properties of methanol extract of *Toona sinensis* leaves for the corrosion of mild steel in HCl medium. *Der Pharma Chemica*, 8(18), 266–273.
- Emriadi, Yulistia, V & Aziz, H. (2018). Corrosion Inhibition of Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution by *Gnetum gnemon*. L Peel Extract as Green Inhibitor. *Der Pharma Chemica*. 10(10), 79-85.
- Haldhar, R, Prasad, D, Bhardwaj, N. (2019). Extraction and experimental studies of *Citrus aurantifolia* as an economical and green corrosion inhibitor for mild steel in an acidic media. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33(11), 1169-1183.
- Haldhar, R, Prasad, D, Bhardwaj, N. (2020). Experimental and theoretical evaluation of *Acacia catechu* aextract as a natural, economical and effective corrosion inhibitor for mild steel in an acidic environment. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 6(67), 1-11.
- Hegazy, Mohamed A., & El-Tabei, A. S. (2013). Synthesis, surface properties, synergism parameter and inhibitive performance of novel cationic gemini surfactant on carbon steel corrosion in 1 M HCl solution. *Journal of Surfactants and Detergents*, 16(2), 221–232.
- Kadiri, L, Galai, M, Ouakki, M, Essaadaoui, Y, Ouass, A, Cherkaoui, M, Rifi, E,H, Lebkiri, A. (2018). *Coriandrum sativum* L. Seeds extract as a novel green corrosion inhibitor for mild steel in 1.0 m hydrochloric and 0.5 m sulfuric solutions. *Analytical & Bioanalytical Electrochemistry*. 10(2), 249-268.
- Khadom, A,A, Abd, A, N, Ahmed, N,A. (2017). *Xanthium strumarium* leaves extracts as a friendly corrosion inhibitor of low carbon steel hydrochloric acid: Kinetics and mathematical studies. *South African Journal of Chemical Engineering*, 25, 13-21.
- Meena, O, Chaturvedi, A. (2020). Corrosion inhibition effect by extract of aerial parts of *Phyllanthus niruri* on tin metal in hydrochloric acid solutions and its SEM study. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research*. 12, 1046-1060.
- Okewale, A, O, Olaitan, A. (2017). The use of rubber leaf extract as a corrosion inhibitor for mild steel in acidic solution. *International Journal of Materials and Chemistry*, 7(1), 5-13.
- Okewale, A, O, Adebayo, A, T. (2020). Thermodynamic and optimization studies of castor

- leaf extract as corrosion inhibitor on stainless steel (301). *Nigerian Journal of Technological Development*, 17(3), 229-238.
- Sohail, M, Hussain, F, Chandio, A,D, Sheikh, M. (2018). High temperature effectiveness of ginger extract as green inhibitor for corrosion in mild steel. *NUST Publishing*.
- Salhi, A, Tighadouini, S, El-Massaoudi, M, Elbelghiti, M, Bouyanzer, A, Radi, S, and Zarrouk, A. (2017). Keto-enol heterocycles as new compounds of corrosion inhibitors for carbon steel in 1 M HCl: Weight loss, electrochemical and quantum chemical investigation. *Journal of Molecular Liquids.*, 248, 340-349.
- Salim, A, M, Dawood, N, N, Ghazi, R. (2020). Pomegranate peel plant extract as potential corrosion inhibitor for mild carbon steel in a 1 M HCl solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3, 286-296.
- Susanti, F. E., Sugita, P., & Ambarsari, L. (2016). Purification Of Active Compounds From Kecapi Leaves That Have Potential As Anticancer For In Vitro On Murine Cells Leukemia A P-388. *Int. J. Chem. Sci*, 14(3), 1376–1384.
- Verma, D. K., & Khan, F. (2016). Corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid using extract of glycine max leaves. *Research on Chemical Intermediates*, 42(4), 3489–3506.
- Victoria, S, N, Prasad, R, Manivannan, R. (2015). *Psidium guajava* leaf extract as green corrosion inhibitor for mild steel in phosphoric acid. *International Journal of Electrochemical Science*, 10, 2220-2238.
- Yetri, Y., Emriadi, Jamarun, N., & Gunawarman. (2016). Corrosion Behavior of Environmental Friendly Inhibitor of Theobroma cacao Peels Extract for Mild Steel in NaCl 1.5 M. *Environment Asia*, 9(1), 45–59.
- Yetri, Y., Sari, D & Handani, S. (2016). Efisiensi Inhibisi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia Sinensis*) Terhadap Baja St-37 Dalam Medium Asam Dan Garam. *Jurnal Katalisator*, 1(1), 1-10.
- Zheng, X., Gong, M., & Li, Q. (2017). Corrosion inhibition of mild steel in sulfuric acid solution by *Houttuynia cordata* extract. *International Journal of Electrochemical Science*, 12(7), 6232–6244.