

Efek Sinergetik Ekstrak Daun Jambu Bol (*Syzygium malaccense*) dan Iodida terhadap Korosi Baja dalam Larutan Asam

Putri Untari*¹, Emriadi¹, Mai Efdi¹, Azuxetullatif¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

e-mail: *putriuntari15@gmail.com

Diterima: 12 Desember 2020/ Disetujui: 24 Desember 2020/ Dipublikasi online: 14 Januari 2021

DOI: <https://doi.org/10.22437/chp.v5i2.11348>

ABSTRAK

Penelitian tentang efek sinergetik dari ekstrak daun jambu bol dan iodida terhadap korosi baja dalam larutan asam telah dilakukan dengan metoda kehilangan berat (*weight loss*), pengukuran polarisasi potensiodynamik, *fourier transform infrared (FTIR)*, analisis *scanning electron microscopy (SEM)*, dan karakterisasi *X-Ray diffraction (XRD)*. Efisiensi inhibisi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi iodida dan bertambahnya suhu. Efisiensi inhibisi tertinggi adalah 92,05 % pada inhibitor 5 g/L daun jambu dengan penambahan 0,08 g/L iodida. Adsorpsi ekstrak daun jambu bol dan iodida mengikuti adsorpsi isoterm Langmuir. Pengukuran polarisasi potensiodynamik menunjukkan kombinasi inhibitor daun jambu bol dan iodida merupakan inhibitor campuran dalam larutan asam klorida. Efek sinergetik inhibitor daun jambu bol dan iodida dipelajari menggunakan parameter termodinamika dan kinetika.

Kata kunci: Daun jambu bol, inhibitor korosi, weight loss, efek sinergetik, isoterm Langmuir

ABSTRACT

Research on the synergistic effect of jambu bol leaves extract and iodida on the corrosion of mild steel in acid solution has been carried out by *weight loss*, *potentiodynamic polarization measurements*, *Fourier transform infrared (FTIR)*, *scanning electron microscopy (SEM) analysis*, and *X-Ray Diffraction (XRD) characterization*. The inhibition efficiency increased with increasing iodida concentration and temperature. The highest inhibition efficiency was 92.05% in inhibitor of 5 g / L jambu bol leaves extract with the addition of 0.08 g / L of iodida. Adsorption of jambu bol leaves extract and iodida following the Langmuir isotherm adsorption. Potentiodynamic polarization measurements show the combination of jambu bol leaves inhibitor and iodida was a type of mixture inhibitor in hydrochloric acid solution. The synergistic effect of guava bol extract and potassium iodida was studied using thermodynamic and kinetic parameters.

Keywords: Jambu bol leaves, corrosion inhibitor, weight loss, synergistic effect, Langmuir isotherm

PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material yang memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam bidang industri dan konstruksi. Salah satu kelemahan baja yaitu mudah mengalami korosi terutama pada lingkungan asam (Emriadi *et al.*, 2018 dan Diah *et al.*, 2017). Larutan asam kuat seperti asam sulfat atau asam klorida banyak digunakan untuk pembuangan karat dan kerak pada industri (Priya *et al.*, 2018). Oleh karena itu, penggunaan inhibitor korosi dalam industri merupakan cara yang efektif untuk mencegah korosi baja yang disebabkan oleh larutan asam (Huiet *et al.*, 2018).

Saat ini, penelitian tentang korosi difokuskan pada “*green inhibitor korosi*” dengan menggunakan ekstrak tanaman yang menunjukkan efisiensi penghambatan yang baik, tidak beracun, dapat terurai, murah, mudah didapatkan, dan dapat diterima oleh lingkungan (Dakeshwar *et al.*, 2016 dan Gharda *et al.*, 2018). Penggunaan inhibitor korosi dari ekstrak tanaman disebabkan karena tanaman mengandung senyawa organik yang memiliki atom N, O, S, dan cincin aromatik yang diharapkan dapat mencegah korosi dengan menghambat sisi aktif korosi dengan teradsorpsi atau membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja (Mobin *et al.*, 2016).

Penggunaan efek sinergetik merupakan salah satu cara yang efektif untuk meningkatkan kekuatan penghambatan dari inhibitor dan untuk menurunkan jumlah penggunaan inhibitor (Priya *et al.*, 2018). Beberapa peneliti telah melaporkan efek sinergetik antara inhibitor organik dan halida. Huiet *al.* (2017) telah melakukan penelitian menggunakan ion iodida sebagai zat sinergetik dengan campuran ekstrak *Artemisia halodendron* dapat disimpulkan kehadiran ion iodida secara sinergetik meningkatkan efisiensi inhibisi. Efek sinergetik dari halide ditemukan meningkat dalam urutan $Cl < Br < I$. Ion iodida menunjukkan efek sinergetik tertinggi karena ukurannya yang besar dan kemudahan polarisasi ion tersebut (Marta *et al.*, 2019).

Daun jambu bol mengandung glikosida flavonoid yaitu mirisetin 3-OL-rhamnosida (mirisitrin), mirisetin 3'-glukosida, dan mirisetin 3-alpha L-arabinofuranosida (Arumugam *et al.*, 2014). Senyawa – senyawa mirisetin tersebut telah memenuhi syarat sebagai inhibitor korosi karena memiliki pasangan elektron bebas yang berasal dari atom N, O, S, dan cincin aromatik yang diharapkan dapat menghambat laju korosi dengan teradsorpsi pada permukaan baja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki efek sinergetik dari inhibitor daun jambu bol (*Syzygium malaccense*) dan iodida terhadap korosi baja dalam larutan asam dengan menggunakan metoda kehilangan berat (*weight loss*), pengukuran polarisasi potensiodinamik, FTIR, karakterisasi XRD dan analisis SEM.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik (Kern), jangkasorong, ampelas besi, kaca arloji, labudidih, oven, *potensiostat* (eDAQ 466), *rotary evaporator*, *waterbath* (Innotech BJPX RockFord), gerinda,

termometer, alat gelas, *hot plate*, FTIR (PerididanElmer), XRD (ProAnalytical), *UV-Vis* (Shimadzu), dan SEM (HORIBA EMAX x-act).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja, daun jambu bol, asam klorida (Smart Lab), akuades, metanol, aseton, kalium iodida, elektroda Pt, elektroda Ag/AgCl, dan kertas saring.

Pengukuran Kehilangan Berat (Weight Loss)

Baja direndam dalam medium korosif yaitu HCl 1 N dan inhibitor 5 g/L serta dengan penambahan iodida (0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08) g/L selama 7 jam pada suhu 30°C, 40°C, 50°, dan 60°C. Kemudian baja dibersihkan, dicuci, dan dikeringkan dalam oven. Setelah kering baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat akhir (m_2).

Pengukuran PolarisasiPotensiodinamik

Pengukuran polarisasi potenciodinamik menggunakan potensiostat eDAQ 466. Pengukuran ini dilakukan dengan cara menggunakan baja sebagai elektroda kerja, elektroda Pt sebagai elektroda pembantu dan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding. Pengukuran polarisasi potenciodinamik dilakukan dalam medium HCl 1 N yang mengandung inhibitor 5 g/L dan iodida (0,01; 0.02; 0.04; 0,06, dan 0,08) g/L. Ketiga elektroda dicelupkan kedalam bejana berisi medium korosif tanpa dan dengan adanya inhibitor serta variasi iodida. Kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan diberikan potensial dari -400 mV sampai -280 mV sehingga diperoleh kurva hubungan antara potensial (mV) dengan arus (mA).

Pengukuran *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Baja direndam dalam medium korosif HCl 1 N dengan adanya inhibitor 5 g/L selama 6 hari. Pengukuran juga dilakukan pada inhibitor 5 g/L yang ditambahkan dengan iodida 0,08 g/L serta ekstrak pekat inhibitor 5 g/L. Baja setelah perendaman dikeringkan kemudian diambil lapisan yang menempel pada permukaan baja dengan cara mengikis lapisan tersebut. Setelah itu dilakukan pengukuran FTIR menggunakan Nicolet IS10 FT-IR, ThermoScientific.

Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pengukuran XRD dilakukan dengan cara baja direndam selama 6 hari dalam medium korosif HCl 1 N tanpa dan dengan adanya inhibitor 5 g/L serta dengan penambahan iodida 0,08 g/L, kemudian plat baja dikeringkan dan dilakukan analisis XRD.

Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis SEM dilakukan dengan cara baja yang direndam selama 6 hari dalam medium korosif HCl 1 N tanpa dan dengan adanya inhibitor 5 g/L serta dengan penambahan iodida 0,08 g/L. Kemudian baja diambil, dikeringkan dan dilakukan analisis permukaan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisis juga dilakukan untuk baja tanpa perendaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kehilangan Berat (*Weight Loss*)

Pengukuran kehilangan berat korosi baja dalam HCl 1 N dengan campuran inhibitor ekstrak daun jambu bol dan iodida diselidiki pada suhu 30-60°C. Laju korosi (C_R), efisiensi inhibisi (EI%), dan derajat penutupan permukaan (θ) dapat dihitung melalui persamaan berikut (Emriadi *et al.*, 2016):

$$C_R = \frac{m_1 - m_2}{A \times t} \quad (1)$$

Dimana C_R adalah laju korosi ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{jam}$), m_1 dan m_2 adalah berat baja sebelum dan sesudah perendaman, A adalah luas permukaan (cm^2), t adalah waktu perendaman (jam), dari persamaan (1) diatas dapat ditentukan derajat penutupan permukaan (θ) dan efisiensi inhibisi (EI%).

$$\theta = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \quad (2)$$

$$IE (\%) = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \times 100 \% \quad (3)$$

CR_0 dan CR_1 adalah laju korosi tanpa dan dengan adanya inhibitor, EI adalah efisiensi inhibisi.

Tabel 1 menunjukkan nilai laju korosi (CR) baja dengan adanya inhibitor lebih rendah dibandingkan dengan larutan blanko. Nilai laju korosi (CR) diamati lebih rendah dalam larutan yang mengandung campuran inhibitor dengan iodida dibandingkan dengan ekstrak saja. Laju korosi meningkat dengan meningkatnya suhu sehingga menyebabkan perubahan sifat dari model adsorpsi, dimana molekul inhibitor lebih banyak teradsorpsi pada peningkatan suhu (kemisorpsi) sehingga penghambatan baja lebih disukai pada suhu tinggi. Penurunan laju korosi dengan adanya ekstrak disebabkan komponen yang ada didalam ekstrak yang memiliki heteroatom seperti N, S dan O teradsorpsi pada permukaan logam membentuk lapisan pasif sehingga memblokir situs aktif logam (Eduok *et al.*, 2012).

Tabel 1. Nilai laju korosi (CR) dan efisiensi inhibisi (%EI) korosi baja dalam HCl 1 N dengan campuran inhibitor 5 g/L dan variasi konsentrasi iodida

| Konsentrasi | 30°C | | 40°C | | 50°C | | 60°C | |
|----------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | CR | %EI | CR | %EI | CR | %EI | CR | %EI |
| Blanko | 0.6785 | - | 1.3886 | - | 2.4139 | - | 6.5469 | - |
| Inhibitor 5g/L | 0.2355 | 69.98 | 0.3534 | 76.78 | 0.6429 | 79.15 | 1.089 | 84.79 |
| + 0,01 g/L iodida | 0.1607 | 76.31 | 0.3294 | 76.88 | 0.5178 | 78.55 | 0.6492 | 90.08 |
| + 0,02 g/L iodida | 0.1550 | 77.16 | 0.3004 | 78.37 | 0.4694 | 80.56 | 0.6244 | 90.46 |
| + 0,04 g/L iodida | 0.1482 | 78.16 | 0.2996 | 78.42 | 0.4608 | 80.91 | 0.5668 | 91.34 |
| + 0,06 g/L iodida | 0.1481 | 78.17 | 0.2678 | 80.71 | 0.4332 | 82.05 | 0.5438 | 91.69 |
| + 0,08 g/L iodida | 0.1351 | 80.08 | 0.2528 | 81.79 | 0.4109 | 82.98 | 0.5202 | 92.05 |

Tabel 1 memperlihatkan efisiensi inhibisi meningkat secara sinergis dengan adanya penambahan iodida. Efisiensi inhibisi pada 5 g/L inhibitor diperoleh sebesar 84,79% pada suhu 60°C dan penambahan iodida 0,08 g/L pada inhibitor 5 g/L meningkatkan efisiensi inhibisi menjadi 92,05%. Peningkatan konsentrasi iodida menyebabkan peningkatan jumlah molekul yang teradsorpsi pada permukaan logam. Kemisorpsi yang kuat dari anion-anion ini pada permukaan logam bertanggungjawab atas efek sinergis dari ion halida dengan kation inhibitor. Kation kemudian diserap oleh reaksi Coloumb pada permukaan logam dimana anion sudah diserap secara kemisorpsi (Hui *et al.*, 2017 dan Eduok *et al.*, 2012)

Penentuan Isoterm adsorpsi

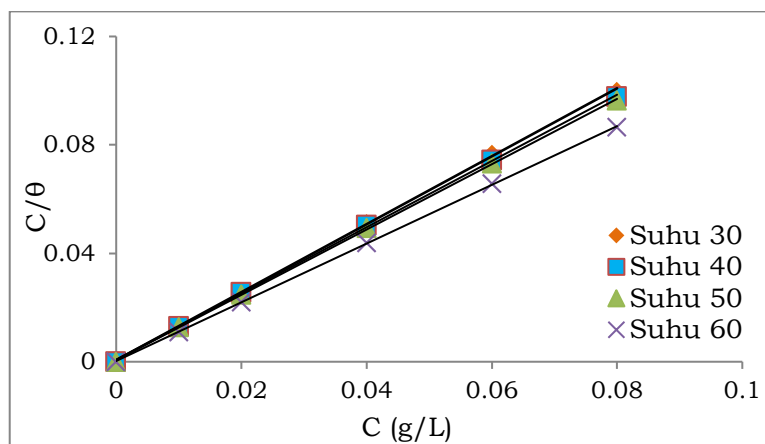
Penentuan isotherm adsorpsi dapat memberikan informasi tentang interaksi inhibitor pada permukaan baja. Adsorpsi inhibitor yang dipelajari pada permukaan baja mematuhi persamaan isoterma dsorpsi Langmuir (Anees *et al.*, 2018):

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} \text{ dan } C \quad (4)$$

C adalah konsentrasi inhibitor (g/L), θ adalah derajat penutupan permukaan, dan K_{ads} adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi.

Gambar 1. menunjukkan garis lurus C/θ versus C dengan koefisien korelasi (r) seluruhnya hampir mendekati 1. Hal ini membuktikan bahwa inhibitor ini mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir dalam medium korosif HCl 1 N dimana melekul inhibitor yang menyerap menempati lokasi adsorpsi yang khas pada

antarmuka logam/larutan dan ikatan yang terjadi membentuk lapisan tunggal (Emriadi *et al.*, 2016; Yeni *et al.*, 2020 dan Bendaif *et al.*, 2016)



Gambar 1. Isoterm Langmuir untuk adsorpsi inhibitor daun jambu bol dan iodida pada baja dalam larutan HCl 1 N pada suhu yang berbeda.

Nilai K_{ads} yang diperoleh menunjukkan kekuatan adsorpsi antara inhibitor dan permukaan baja yang terjadi peningkatan proses adsorpsi dengan suhu tinggi. Hal ini terbukti dengan meningkatnya persentase efisiensi inhibisi korosi dengan kenaikan suhu. Nilai K_{ads} dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2. Energi bebas Gibbs (ΔG_{ads}^0) dapat dihitung dari nilai K_{ads} melalui persamaan (Emriadi *et al.*, 2016 dan Mourya *et al.*, 2014):

$$\Delta G_{ads}^0 = -RT \ln (C_{H_2O} \cdot K_{ads}) \quad (5)$$

Dimana $C_{H_2O} = 1000 \text{ gL}^{-1}$ dalam larutan dan R adalah konstanta gas. Nilai negatif pada energi Gibbs (ΔG_{ads}^0) mengindikasikan reaksi adsorpsi berjalan secara spontan dan lapisan ekstrak yang teradsorpsi stabil pada permukaan baja (Nathiya *et al.*, 2017). Nilai ΔG_{ads}^0 kurang dari -20 kJ/mol terkait dengan adsorpsi fisika, jika lebih dari -40 kJ/mol atau lebih negatif diketahui berhubungan dengan adsorpsi kimia dan nilai diantara keduanya menunjukkan kombinasi antara adsorpsi fisika dan kimia (Zakiyeh *et al.*, 2019).

Pada Tabel 2 dapat dilihat nilai ΔG_{ads}^0 dengan adanya iodida diperoleh disekitar -40 kJ/mol atau lebih negatif menunjukkan bahwa adsorpsi molekul inhibitor merupakan adsorpsi kimia.

Nilai ΔG_{ads}^0 terkait dengan entalpi (ΔH_{ads}^0) dan entropi (ΔS_{ads}^0) adsorpsi dapat dihitung melalui persamaan berikut (Yeni *et al.*, 2020 dan Emriadi *et al.*, 2016):

$$\Delta S_{ads}^0 = \frac{(-\Delta H_{ads}^0 - \Delta G_{ads}^0)}{T} \quad (6)$$

Tabel 2. Parameter isoterm adsorpsi dan termodinamika inhibitor daun jambu bol dan iodida

| Suhu (°C) | K _{ads} | ΔG _{ads} ^o (kJ/mol) | ΔH _{ads} ^o (kJ/mol) | ΔS _{ads} ^o (J/mol) | R ² |
|-----------|------------------|---|---|--|----------------|
| 30 | 1648,50 | -36,06 | | | 0,999 |
| 40 | 1336,25 | -36,70 | | | 0,999 |
| 50 | 1709,70 | -38,54 | 25,98 | 202,47 | 0,999 |
| 60 | 4369,23 | -42,33 | | | 0,999 |

Nilai ΔH_{ads}^o positif menunjukkan bahwa adsorpsi molekul inhibitor ke permukaan logam adalah proses endoterm. Nilai ΔS_{ads}^o positif menunjukkan terjadi proses substitusi yang dikaitkan dengan peningkatan entropi pelarut dimana peningkatan entropi disebabkan oleh adsorpsi molekul inhibitor menggantikan molekul air yang lebih banyak diserap (Mourya *et al.*, 2014 dan Hegazy *et al.*, 2015).

Parameter Termodinamika Aktivasi

Ketertgantungan laju korosi pada suhu dapat dihitung melalui persamaan Arrhenius (Zakaria *et al.*, 2016):

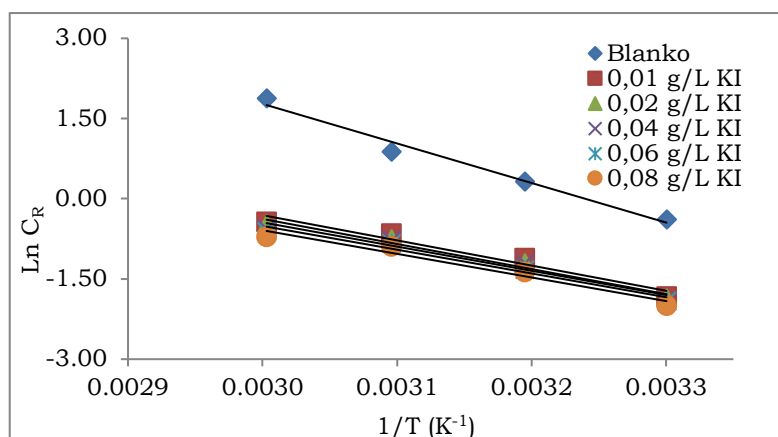
$$\ln CR = - \frac{E_a}{RT} + \ln A \quad (7)$$

E_a adalah energy aktivasi (kJmol⁻¹), A adalah konstanta, R adalah konstanta molar gas (8,314 Jmol⁻¹), dan T adalah suhu (K). Nilai E_a dengan penambahan iodida berbagai konsentrasi ditemukan menurun dibandingkan tanpa penambahan iodida yang mengindikasikan kemisorpsi (Anees *et al.*, 2018 dan Eduok *et al.*, 2012).

Nilai entalpi aktivasi (ΔH*) dan entropi aktivasi (ΔS*) dapat dihitung melalui persamaan berikut (Emriadi *et al.*, 2018):

$$\ln \frac{CR}{T} = \left[\ln \left(\frac{R}{Nh} \right) \text{ dan } \left(\frac{\Delta S^*}{T} \right) \right] - \frac{\Delta H^*}{RT} \quad (8)$$

N adalah konstanta Avogadro (6,023 x 10²³ molekul/mol), h adalah konstanta Planck (6,63 x 10⁻³⁴ Js⁻¹), ΔH* adalah entalpi aktivasi dan ΔS* adalah entropi aktivasi. Tabel 3 menunjukkan nilai entalpi aktivasi (ΔH*) positif menandakan selama proses perendaman baja terjadi reaksi endoterm. Nilai entropi aktivasi (ΔS*) yang besar negatif menandakan bahwa kompleks yang diaktifkan pada tahap penentuan kecepatan mewakili hubungan dari pada langkah disosiasi (Moses *et al.*, 2015).



Gambar 2. Aluran Arrhenius $1/T$ (K^{-1}) vs $\ln C_R$ tanpa dan dengan adanya penambahan inhibitor dan iodida

Tabel 3. Nilai energy aktivasi (E_a), entalpi aktivasi (ΔH^*) dan entropi aktivasi (ΔS^*)

| Konsentrasi | E_a (kJ/mol) | ΔH^* (kJ/mol) | ΔS^* (J/mol) |
|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 61,44 | 58,80 | -53,48 |
| Inhibitor 5 g/L | 43,46 | 40,82 | -122,79 |
| + 0,01 g/L iodida | 39,16 | 36,75 | -138,14 |
| + 0,02 g/L iodida | 38,98 | 36,34 | -139,92 |
| + 0,04 g/L iodida | 37,60 | 35,29 | -143,64 |
| + 0,06 g/L iodida | 36,93 | 34,29 | -147,15 |
| + 0,08 g/L iodida | 36,70 | 34,24 | -147,93 |

Pengukuran Polarisasi Potensiostatik

Kurva polarisasi potensiostatik tanpa dan dengan adanya penambahan inhibitor dan iodida disajikan pada Gambar 3. Data korosi seperti arus korosi (I_{corr}), potensial korosi (E_{corr}), Tafel katodik (β_c), Tafel anodik (β_a), dan efisiensi penghambatan (EI%) tercantum dalam Tabel 4.

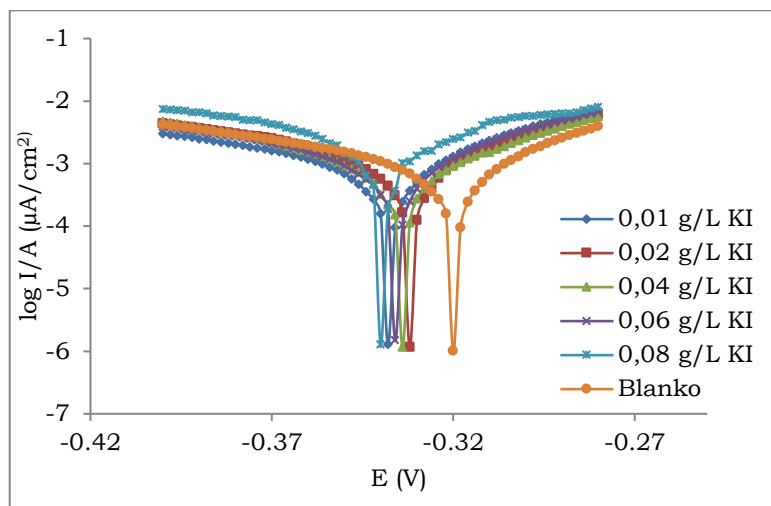
Efisiensi inhibisi (%EI) dihitung melalui persamaan (Lgaz *et al.*, 2015) :

$$\%EI = \frac{I_{corr} - I_{corr}^{\circ}}{I_{corr}^{\circ}} \times 100 \quad (9)$$

I_{corr} dan I_{corr}° adalah arus korosi tanpa dan adanya penambahan inhibitor dan iodida. Gambar 3 memperlihatkan pergeseran kurva Tafel ke arah anodik dan katodik dengan adanya penambahan ekstrak dan iodida.

Inhibitor dianggap sebagai inhibitor anodik atau katodik ketika pergeseran positif atau negatif dari potensial korosi lebih dari pada 85 mV dan jika pergeseran potensial korosi dengan adanya penambahan inhibitor kurang dari pada 85 mV maka dianggap sebagai inhibitor tipe campuran (Zakiyeh *et al.*, 2019). Pada penelitian ini, penambahan inhibitor dan iodida bertindak sebagai inhibitor

campuran yang dapat menghambat laju korosi di anodik dan katodik secara bersamaan. Pada Tabel 4 terlihat bahwa terjadi penurunan arus korosi dengan adanya penambahan ekstrak dan iodida. Peningkatan jumlah iodida dapat memperlambat reaksi evolusi hidrogen dan mengurangi pelarutan anodik (Hui *et al.*, 2018).



Gambar 3. Kurva polarisasi potensiodinamik tanpa dan dengan adanya ekstrak dan iodida

Tabel 4. Parameter polarisasi potensiodinamik

| Konsentrasi | E_{corr} (V) | $I_{\text{corr}} \times 10^{-2}$ ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) | β_a (V/dec) | β_c (V/dec) | %EI |
|---------------------|-----------------------|--|-------------------|-------------------|-------|
| Blanko | -0,295 | 4,74 | 6,666 | -8,825 | 0,00 |
| dan 0,01 g/L iodida | -0,340 | 0,45 | 5,921 | -3,285 | 90,42 |
| dan 0,02 g/L iodida | -0,332 | 0,36 | 9,230 | -8,344 | 92,39 |
| dan 0,04 g/L iodida | -0,330 | 0,33 | 9,807 | -9,736 | 92,90 |
| dan 0,06 g/L iodida | -0,332 | 0,31 | 9,602 | -8,648 | 93,37 |
| dan 0,08 g/L iodida | -0,335 | 0,28 | 9,298 | -9,908 | 93,96 |

Efek Sinergetik

Nilai efisiensi inhibisi untuk inhibitor dengan adanya iodida lebih tinggi dibandingkan tanpa iodida. Hal ini menunjukkan kemungkinan adanya efek penghambatan sinergis dari inhibitor dan iodida pada proses korosi baja dalam larutan HCl 1 N yang dapat dijelaskan dari parameter sinergisme (S) sebagai berikut (Ahmed *et al.*, 2013):

$$S = \frac{1 - (\eta_1 + \eta_2)}{1 - \eta_{1+2}} \quad (10)$$

η_1 adalah efisiensi inhibisi ion iodida, η_2 adalah efisiensi inhibisi dari inhibitor, dan η_{1+2} adalah efisiensi inhibisi dari ion iodida dan inhibitor. Efisiensi

penghambatan dengan penambahan iodida lebih tinggi dari pada yang menggunakan inhibitor saja berdasarkan hasil yang telah ditemukan oleh peneliti sebelumnya.

Tabel 5. Nilai efek sinergetik dari inhibitor daun jambu bol dengan iodida

| Konsentrasi Iodida (g/L) | Efek Sinergetik (S) |
|--------------------------|---------------------|
| 0 | - |
| 0,01 | 1,83 |
| 0,02 | 1,53 |
| 0,04 | 1,52 |
| 0,06 | 1,48 |
| 0,08 | 1,02 |

Secara umum, adanya ion halida dalam media asam secara sinergis meningkatkan efisiensi penghambatan beberapa senyawa organik. Anion dapat meningkatkan adsorpsi kation organik dalam larutan dengan membentuk jembatan antara permukaan logam dan ujung positif dari inhibitor organik. Jika $S=1$ artinya bahwa inhibitor dan iodida tidak memiliki efek satu sama lain, selain itu jika $S > 1$ menunjukkan bahwa efek sinergis terjadi, sedangkan $S < 1$ berarti efek antagonis (Marta *et al.*, 2019 dan Eduok *et al.*, 2012). Hasil perhitungan efek sinergis dapat dilihat pada Tabel 5 dimana nilai S yang didapatkan besar dari 1, sehingga dengan adanya penambahan iodida pada inhibitor memiliki efek sinergis dan efisiensi inhibisi yang dihasilkan lebih tinggi (Eduok *et al.*, 2012).

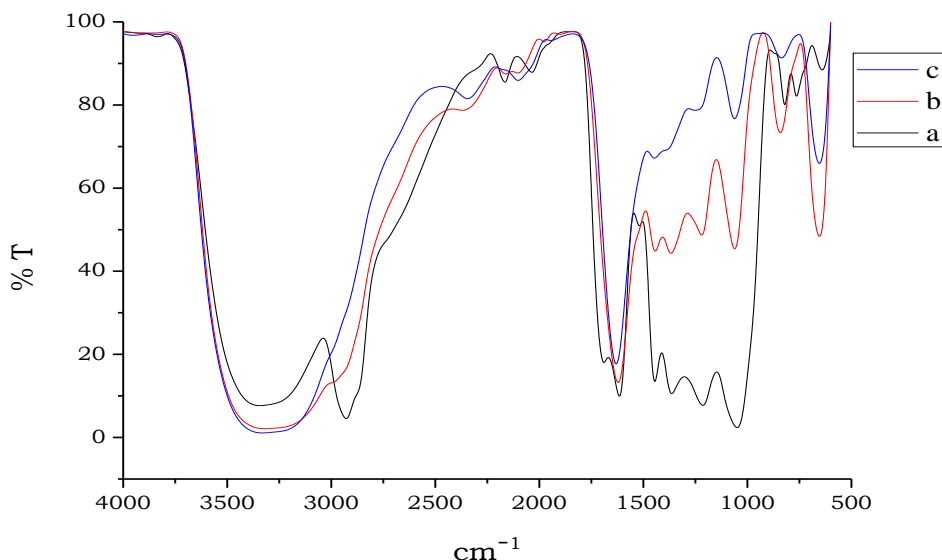
Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Analisis menggunakan FTIR dilakukan untuk mendukung fakta bahwa penghambatan korosi baja dalam media asam sebagian disebabkan oleh adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan baja (Bendaif *et al.*, 2016).

Gambar 4. (a) menunjukkan bahwa di dalam ekstrak daun jambu bol mengandung gugus fungsi seperti $-OH$ pada angka gelombang $3343,59\text{ cm}^{-1}$, gugus $C-H$ alifatik pada angka gelombang $2928,24\text{ cm}^{-1}$, gugus $C=O$ pada angka gelombang $1689,20\text{ cm}^{-1}$, $C=C$ pada angka gelombang $1615,06\text{ cm}^{-1}$, dan $-CH_3$ pada angka gelombang $1363,42\text{ cm}^{-1}$.

Gambar 4.(b) dan (c) memperlihatkan pergeseran spektrum gugus $-OH$ bergeser ke angka gelombang $3320,01$ dan $3331,88\text{ cm}^{-1}$, gugus $C=O$ bergeser ke angka gelombang $1621,28$ dan $1630,68\text{ cm}^{-1}$, gugus $C=C$ bergeser ke angka gelombang $1443,14$ dan $1445,94\text{ cm}^{-1}$, $-CH_3$ bergeser angka gelombang 1367 cm^{-1} . Pergeseran angka gelombang ini mengindikasikan adanya interaksi antara ekstrak daun jambu bol dengan baja membentuk lapisan pasif pada permukaan

baja sehingga dapat mengurangi laju korosi baja (Anees *et al.*, 2018; Emriadi *et al.*, 2016; Zakaria *et al.*, 2016; Patricia *et al.*, 2018; Jokar *et al.*, 2016).



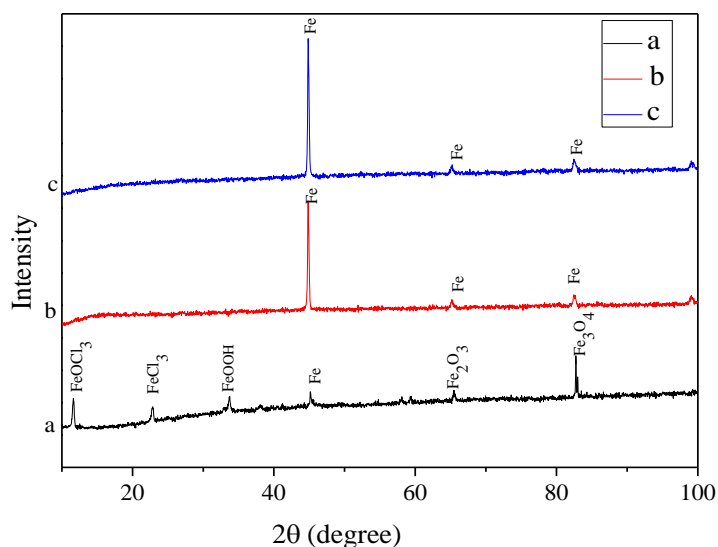
Gambar 4. Spektrum FT-IR dari (a) inhibitor daun jambu bol (b) produk korosi baja dalam HCl 1N dengan adanya penambahan 5 g/L inhibitor (c) produk korosi baja dalam HCl 1 N dengan penambahan 5 g/L inhibitor dan iodida 0,08 g/L

Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk menentukan senyawa yang terdapat pada lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja. Gambar 5 (a) menunjukkan pola difraksi XRD pembentukan karat pada permukaan baja yang direndam dengan HCl 1 N puncak muncul pada $2\theta = 36,24^\circ$, $64,17^\circ$, $82,21^\circ$ menunjukkan keberadaan oksida besi (FeOOH , Fe_2O_3 dan Fe_3O_4). Puncak pada $2\theta = 11,58^\circ$ menunjukkan FeOCl_3 , puncak pada $2\theta = 22,84^\circ$ menunjukkan keberadaan FeCl_3 , dan puncak pada $2\theta = 45,12^\circ$ menunjukkan adanya besi (Fe) yang muncul dengan intensitas yang rendah. Gambar 5 (b) merupakan pola difraksi XRD dari baja yang direndam dalam larutan HCl 1 N yang mengandung 5 g/L inhibitor daun jambu bol dan 5(c) dengan penambahan iodida 0,08 g/L pada 5 g/L inhibitor.

Pada Gambar 5 (b) dan (c) terlihat tidak ada pembentukan oksida besi pada permukaan baja dan munculnya puncak besi pada $2\theta = 44,76^\circ$, $65,16^\circ$, dan $82,53^\circ$ dengan adanya peningkatan intensitas (Muthukrishnan *et al.*, 2017). Penurunan intensitas puncak oksida besi dan peningkatan intensitas besi dengan penambahan 5 g/L inhibitor daun jambu bol dan iodida 0,08 g/L menunjukkan pembentukan kompleks antara besi dan inhibitor serta membuktikan kemungkinan pembentukan lapisan pasif dari komponen oksigen dan senyawa

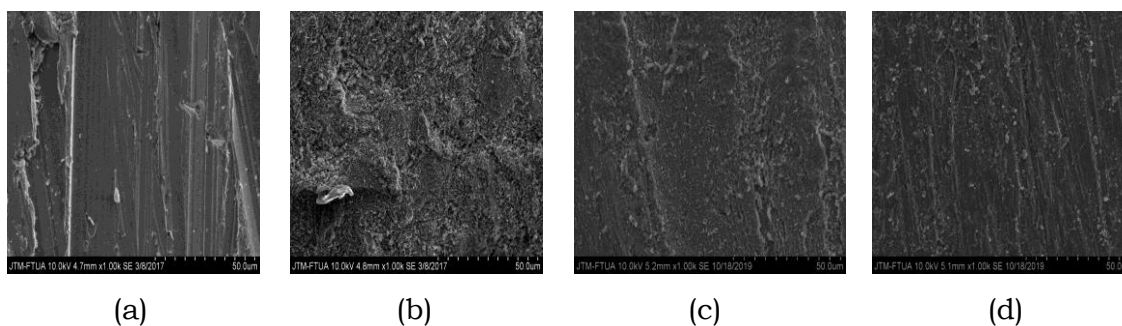
fitokimia yang ada dalam inhibitor (Verma *et al.*, 2016 dan Velayutham *et al.*, 2014).



Gambar 5. Pola XRD dari baja (a) yang direndam dalam HCl 1 N (b) dengan penambahan inhibitor 5 g/L (c) dengan penambahan 5 g/L inhibitor dan iodida 0,08 g/L

Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Morfologi permukaan baja tanpa perlakuan, permukaan baja yang direndam di dalam medium HCl 1 N, baja yang direndam di dalam medium HCl 1 N dengan adanya penambahan inhibitor daun jambu bol 5 g/L, dan permukaan baja yang direndam dalam medium HCl 1 N dengan adanya penambahan inhibitor 5 g/L dan iodida 0,08 g/L disajikan pada Gambar 6. Pada gambar terlihat morfologi baja dengan adanya penambahan inhibitor dan iodida lebih rata dan halus dibandingkan dengan baja yang direndam di dalam medium HCl 1 N.



Gambar 6. Morfologi permukaan baja (a) sebelum direndam (tanpa perlakuan) (b) setelah direndam dengan HCl 1N (c) setelah direndam dengan HCl 1N dan inhibitor 5 g/L (d) setelah direndam dengan HCl 1 N dan inhibitor 5 g/L dan iodida 0,08 g/L pada selama 6 hari

Hal ini disebabkan karena adanya lapisan pelindung dari inhibitor daun jambu bol yang teradsorpsi pada permukaan baja sehingga permukaan baja lebih rata dan halus. Penambahan iodida ke dalam larutan menyebabkan koarsorpsi

ion iodida ke permukaan baja sehingga campuran antara ekstrak daun jambu bol dengan iodida memberikan efek sinergetik yang bagus dan mengurangi laju korosi (Huiet *al.*, 2017).

KESIMPULAN

Inhibitor daun jambu bol ditemukan dapat menghambat korosi baja dalam larutan HCl 1 N. Efisiensi inhibisi meningkat pada kenaikan suhu dan penambahan iodida karena adanya efek sinergis. Karakteristik adsorpsi inhibitor daun jambu bol mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir. Parameter sinergetik (S) yang dipelajari untuk konsentrasi iodida yang berbeda ditemukan lebih besar dari satu yang menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi penghambatan inhibitor daun jambu bol pada penambahan ion iodida disebabkan oleh efek sinergis. Inhibitor daun jambu bol dan iodida bertindak sebagai inhibitor tipe campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. F., and Hegazy, M. A. 2013. Synergistic Inhibition Effect of Potassium Iodida and Novel Schiff Bases on X65 Steel Corrosion in 0.5 M H₂SO₄. *Corrosion Science*. 74: 168-177.
- Anees, A. K., Ahmed, N. A., and Nagham, A. A. 2018. Xanthium Strumarium Leaves Extracts As A Friendly Corrosion Inhibitor of Low Carbon Steel in Hydrochloric Acid: Kinetics and Mathematical Studies. *South African Journal of Chemical Engineering*. 25: 13-21.
- Arumugam, B., Manaharan, T., Heng, C. K., Kuppusamy, U. R., and Palanisamy, U. D. 2014. Antioxidant and Antiglycemic potentials of a standardized extract of *Syzygium malaccense*. *LWT-Food Science and Technolgy*. 59: 707-712.
- Bendaif, H. Melhaoui, A., Azzouzi, M. E., Legssyer, B., Hamat, T., Elyoussfi, A., Aouniti, A., Ouadi, Y. E., and Aziz, M. 2016. Eco-Friendly *Pancreaticum Foetidum* Pom Extracts As Corrosion Inhibitors for Mild Steel in 1M HCl Media. *Journal Material Enviromental Science*. 7(4); 1276-1287.
- Dakeshwar, K. V., and Fahmida, K. 2016. Corrosion Inhibition of Mild Steel in Hydrochloric Acid Using Extract of Glycine Max Leaves. *Research on Chemical Intermediates*. 42: 3489-3506.
- Diah, R. G., Emriadi., Admin, A., and Mai, E. 2017. Corrosion Inhibition of Ethanol Extract of Cassava (*Manihot Esculenta*) Leaves on Mild Steel in Sulfuric Acid. *International Journal of ChemTech Research*. 10(2): 163-171.
- Eduok, U. M., Etim, U. J., Akpakpam, A. E., and Umoren, S. A. 2012. Corrosion Inhibition and Adsorption Behaviour of *Cocos Nucifera* L. Coir Dust for Mild Steel in 1 MHCl: Synergistic Effect of Iodida Ions. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*. 2(1): 338-360.
- Eduok, U. M., Umoren, S. A., and Udoh, A. P. 2012. Synergistic Inhibition Effects

Between Leaves and Stem Extracts of *Sida Acuta* and Iodida Ion for Mild Steel Corrosion in 1 M H_2SO_4 Solutions. *Arabian Journal of Chemistry*. 5(3): 325-337

- Emriadi., Adlis, S., and Yeni, S. 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., Velly, Y., and Hermansyah, A. 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.
- Gharda, N., Galai, M., Saqalli, L., Habbadi, N., Ghailane, R., Souizi, A., Touhami, M. E., and Lucchese, Y. P. 2018. Linseed Oil as A Novel Eco-Friendly Corrosion Inhibitor of Carbon Steel in 1M HCl. *Surface Review and Letters*. 26(2): 1850148-1 - 1850148-11.
- Hegazy, M. A., Etre, A. Y. E., Shafaie, M. E., and Berry, K. M. 2015. Novel Cationic Surfactants for Corrosion Inhibition of Carbon Steel Pipelines in Oil and Gas Wells Applications. *Journal of Molecular Liquids*. 1-10.
- Hui, L., Yang, Y. J., Wang, L., Ma, S. M. M., Peng, X. Y., Lu, D. M., Zhao, T., and Wang, Z. 2018. Synergistic Effect of Iodida Ion and Methyl Violet on The Corrosion Inhibition of Carbon Steel in Phosphoric Acid. *International Journal of Electrochemical Science*. 13: 10718-10732.
- Hui, C., Tang, Z., Li, H., Li, L., Shao, J., and Zhang, H. 2017. Study on The Synergistic Effect of Iodida Ion with The Extract of *Artemisia Halodendron* On The Corrosion Inhibition. *International Journal of Electrochemical Science*. 12: 10484-10492.
- Jokar, M., Farahani, S., and Ramezanzadeh, B. 2016. Electrochemical and Surface Characterizations of *Morus Alba Pendula* Leaves Extract (MAPLE) as A Green Corrosion Inhibitor for Steel in 1 M HCl. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 1-17.
- Lgaz, H., Elaoufir, Y., Ramli, Y., Larouj, M., Zarrok, H., Salghi, R., Zarrouk, A., Elmidaoui, A., Guenbour, A., Essassi, E. M., and Oudda, H. 2015. Synergistic Effect of Potassium Iodida with (E)-3-(4 Methoxystyryl) Quinoxalin- 2(1H)-One on The Corrosion Inhibition of Carbon Steel in 1.0 M HCl. *Der Pharma Chemica*. 7(6): 36-45
- Marta, P., Sukirno, S., and Nasikin, M. 2019. Synergistic Corrosion Inhibition Effect of Rice Husk Extract and Iodida for Mild Steel in H_2SO_4 Solution. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 14(3): 697-704.
- Mobin, M., Zehra, S., and Parveen, M. 2016. L-Cysteine as Corrosion Inhibitor For Mild Steel in 1 M HCl and Synergistic Effect of Anionic, Cationic and Non-Ionic Surfactants. *Journal of Molecular Liquids journal*. 216: 598-607.
- Moses, M. S., and Umoren, S. A. 2015. Enhanced Corrosion Inhibition Effect of Polypropylene Glycol in The Presence of Iodida Ions at Mild Steel/Sulphuric Acid Interface. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 3(3): 1812-1826.

- Mourya, P., Banerjee, S., and Singh, M. M. 2014. Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Solution by *Tagetes Erecta* (Marigold Flower) Extract as A Green Inhibitor. *Corrosion Science*. 85: 352-363.
- Muthukrishnan, P., Jeyaprabha, and Prakash, P. 2017. Adsorption and Corrosion Inhibiting Behavior of *Lannea Coromandelica* Leaf Extract on Mild Steel Corrosion. *Arabian Journal of Chemistry*. 10: S2343-S2354.
- Nathiya, R. S., and Raj, V. 2017. Evaluation of *Dryopteris Cochleata* Leaf Extracts as Green Inhibitor for Corrosion of Aluminium in 1 M H₂SO₄. *Egyptian Journal of Petroleum*. 26(2): 313-323.
- Patricia, E. A., Bimbi, M. V. F., Neske, A., Brandan, S. A., and Gervasi, C. A. 2018. *Rollinia Occidentalis* Extract as Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in HCl Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 58: 92-99
- Priya, V. S., Rani, C. U., and Velrani, S. 2018. Synergistic Effect of Halide Ions on The Corrosion Inhibition of Mild Steel in Sulphuric Acid Using Methyl, N-Methyl Ethyl and Ethyl Substituted ^o-2,C-6-Diphenyl Piperidin-4-One Semicarbazones. *Surface Review and Letters*. 25(5): 1850050-1 - 1850050-9.
- Velayutham, R., Kesavan, D., Gopiraman, M., Viswanathamurti, P., Poonkuzhali, K., and Palvannan, T. Corrosion Inhibition of *Eleusine Aegyptiaca* and *Croton Rottleri* Leaf Extracts on Cast Iron Surface in 1 M HCl Medium. *Applied Surface Science*. 314: 537-545.
- Yeni, S., Rahmayeni., Rahmawati, L., Efdi, M., Aziz, H., and Emriadi. 2020. *Mangifera Odorata* Griff Seed Extract as Corrosion Inhibitor of Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium. *Rasayan Journal Chemistry*. 13(1): 230-239.
- Zakiyeh, M., and Rahsepar, M. 2019. The Use of Green *Bistorta Officinalis* Extract for Effective Inhibition of Corrosion and Scale Formation Problems in Cooling Water System. *Journal of Alloys and Compounds*. 770: 669-678