

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER-BASED INHIBITORS CONTAINING CDEA AND TEA AGAINST API 5L GRADE B

Imam Prabowo¹, Muhammad Ichsanudin², Muhammad Fuadi³, Mochamad Mussoddaq⁴, Fajar Paundra⁵

^{1,3,4}Program Studi Teknik Metalurgi, Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka

⁵Program Studi Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

Email: imam.prabowo@upnyk.ac.id, muhammad.ichsanudin@upnyk.ac.id, mfuadi48@gmail.com, mochamad.mussoddaq@upnyk.ac.id, fajar.paundra@ms.itera.ac.id

ABSTRACT

Corrosion of API 5L Grade B steel is a common challenge in industries where the material is exposed to corrosive environments, such as saline solutions. To combat this issue, corrosion inhibitors are often used to protect the steel. This study explores the effectiveness of two inhibitors—Triethanolamine (TEA) and Cocamide DEA (CDEA)—in reducing corrosion on API 5L Grade B steel. By calculating the corrosion rate and inhibitor efficiency, we evaluated the protective properties of each substance. The results showed that TEA provided better corrosion protection, with a corrosion rate of 0.00045 mpy, compared to CDEA's rate of 0.0009 mpy. Additionally, TEA demonstrated a higher inhibitor efficiency of 70.97%, while CDEA showed only 41.94%. These findings suggest that TEA is a more effective choice for preventing corrosion in API 5L Grade B steel, offering a viable solution to enhance the material's durability in harsh environments.

Keywords: API 5L Grade B, Triethanolamine (TEA), Cocamide DEA (CDEA), Corrosion rate

Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 26-11-2024

Tanggal revisi : 28-11-2024

Tanggal terbit : 05-12-2024

DOI :

<https://doi.org/10.31949/jensitec.v11i01.11931>

1. PENDAHULUAN

Korosi adalah sebuah fenomena yang didefinisikan sebagai kerusakan suatu logam, atau sifat-sifatnya yang disebabkan oleh reaksi logam dengan lingkungan (Al-Turkustani, 2013). Korosi adalah proses kimiawi yang diakibatkan oleh pengaruh suatu media terhadap material tertentu yang dapat menyebabkan kerusakan total, parsial, dangkal, atau struktural melalui serangan elektrokimia, kimiawi, atau elektrolisis (Ferreira et al., 2016).

Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya korosi pada suatu material, salah satunya adalah pengaruh konsentrasi media korosi. Pada media air laut, ion klorida merupakan salah satu sumber masalah yang paling utama bagi material yang mengalami korosi. Semakin banyak konsentrasi ion klorida, maka dapat mempercepat proses korosi yang terjadi di lingkungan laut (Yuliarti, 2016). Logam dan paduan yang bereaksi dengan media korosif membentuk senyawa yang stabil, yang juga dapat disebut sebagai produk korosi. Dalam hal ini disebabkan oleh hilangnya

This is an open access article under the CC BY-4.0 license.



logam yang ada di permukaan dan dikatakan bahwa logam tersebut telah terkorosi ((Ji et al., 2011).

Baja karbon juga memiliki peran yang cukup besar dalam dunia industri. Baja karbon banyak digunakan dalam aplikasi industri, seperti pembersihan residu industri dan pengolahan sumur minyak (Prabakaran et al., 2016).

Meskipun baja karbon memiliki berbagai macam aplikasi, baja karbon sangat rentan terhadap korosi karena ketidakstabilan termodinamika terutama pada media asam. Kerentanan terhadap korosi disebabkan oleh komposisi baja karbon yang mengandung besi yang tinggi dengan nilai energi bebas reaksi yang negatif. Oleh karena itu, studi mengenai fenomena korosi pada baja karbon menjadi penting terutama pada medium asam (Krishnegowda, et al., 2013). Permasalahan korosi sering terjadi pada industri perminyakan, dimana sekitar setengah dari material pada kilang minyak dan pabrik petrokimia disebabkan oleh fenomena ini. Hal ini dapat meningkatkan kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan dan keselamatan manusia.

Di antara larutan asam, asam klorida adalah salah satu yang paling banyak digunakan. Jika baja terpapar pada lingkungan yang korosif, maka baja akan rentan terhadap berbagai jenis mekanisme korosi (Ostovari, et al., 2009).

Salah satu metode untuk menghambat proses korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang jika ditambahkan ke dalam suatu lingkungan dapat mengurangi laju korosi yang terjadi pada lingkungan terhadap suatu logam yang ada di dalamnya.

Inhibitor korosi bekerja dengan cara mengadsorpsi ion atau molekul pada permukaan logam. Inhibitor akan mengurangi laju korosi terutama dengan cara meningkatkan atau menurunkan reaksi anodik dan atau katodik, menurunkan laju difusi reaktan ke permukaan logam dan hambatan listrik permukaan logam. Untuk penggunaan inhibitor industri dan skala besar toksisitas, ketersediaan, dan keramahan lingkungan menjadi sangat penting. Inhibitor korosi selain digunakan untuk menghambat laju korosi juga meningkatkan dan memperpanjang umur material.

Secara umum, inhibitor yang lebih dikenal dan efektif dan efektif adalah senyawa organik yang

mengandung heteroatom, seperti O, N atau S, dan beberapa ikatan yang memungkinkan adsorpsi pada permukaan logam. Senyawa ini dapat teradsorpsi pada permukaan logam dan memblokir permukaan aktif untuk mengurangi laju korosi. Empat jenis adsorpsi dapat dilakukan oleh molekul organik pada permukaan logam dan larutan. Keempat jenis tersebut meliputi (a) tarikan elektrostatik antara molekul bermuatan dan logam bermuatan, (b) interaksi elektron tak berpasangan dalam molekul dengan logam, (c) interaksi elektron p dengan logam, dan (d) kombinasi dari (a) dan (c) (Krishnegowda, et al., 2013).

Menurut bahan dasar pembuatannya inhibitor korosi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan anorganik dan organik. Inhibitor korosi organik merupakan inhibitor korosi yang berasal dari bahan-bahan alami yang tersedia di alam. Inhibitor organik dapat menghambat laju korosi. Inhibitor alami memiliki sifat tidak beracun, murah, mudah didapat dan dapat diperbaharui (Karim & Yusuf, 2012).

Inhibitor korosi bekerja dengan mengadsorpsi ion atau molekul pada permukaan logam. Inhibitor akan mengurangi laju korosi terutama dengan cara meningkatkan atau menurunkan reaksi anodik dan atau katodik, menurunkan laju difusi reaktan ke permukaan logam dan hambatan listrik pada permukaan logam. Untuk penggunaan inhibitor industri dan skala besar, toksisitas, ketersediaan, dan keramahan lingkungan menjadi sangat penting ((Ji et al., 2011).

Di antara beberapa metode pengendalian dan pencegahan korosi, penggunaan korosi sangat populer. Inhibitor korosi adalah zat yang ketika ditambahkan dalam konsentrasi rendah ke media korosif akan mengurangi atau mencegah reaksi antara logam dan media. Inhibitor ditambahkan pada berbagai sistem, yaitu sistem pendingin, unit kilang, bahan kimia, unit produksi minyak dan gas, boiler, dan lain sebagainya (Singh dkk., 2012). Inhibitor korosi selain digunakan untuk menghambat laju korosi juga dapat meningkatkan dan memperpanjang umur material (Ituen et al., 2017).

Senyawa sintesis juga menunjukkan aktivitas anti korosi yang baik, tetapi sebagian besar senyawa sintesis sangat beracun bagi manusia dan lingkungan ((Singh, Ebenso, dan Quraishi, 2012). Namun, sebagian besar inhibitor tradisional adalah senyawa sintesis, yang mahal dan telah terbukti

menyebabkan masalah lingkungan yang serius (Li, Zhang, Lei, He, Zhang, & Pan, 2012).

Saat ini bidang inhibitor korosi sedang mengalami perubahan drastis dari sudut pandang sudut pandang. Badan-badan lingkungan di berbagai negara telah memberlakukan peraturan dan regulasi yang ketat untuk penggunaan dan pembuangan inhibitor korosi. Peraturan lingkungan yang ketat mengharuskan inhibitor korosi yang ramah lingkungan dan aman (Sastri, 2011).

Saat ini, ada tren penelitian yang berkembang tentang inhibitor korosi alami dan penggunaannya. Penggunaan tanaman tembakau, teh, dan kopi sebagai inhibitor korosi pada baja (Ilim & Sudrajat, 2007). Kemudian, terdapat penggunaan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor korosi baja ISI 4140 dalam media air laut (Irianty & Khairat, 2013). Ekstrak teh, kopi, dan tembakau digunakan sebagai inhibitor korosi pada cat untuk pelat kapal A36 (Septiari & Supomo, 2013). Inhibitor berbasis air sangat penting dalam berbagai industri, terutama untuk meningkatkan efisiensi dan umur panjang sistem yang bergantung pada air. Di antara inhibitor ini, Cocamide Diethanolamine (CDEA) dan Triethanolamine (TEA) telah menarik perhatian karena kinerjanya yang efektif dalam mencegah korosi, kerak, dan reaksi kimia yang tidak diinginkan lainnya. CDEA, yang berasal dari minyak kelapa, dan TEA, agen penetral yang umum digunakan, dihargai tidak hanya karena sifat surfaktannya tetapi juga karena toksisitasnya yang relatif rendah dan keamanan lingkungannya (Alvarado & Rodríguez, 2019).

Kedua senyawa ini sering digunakan dalam produk sehari-hari seperti produk perawatan pribadi dan pembersih rumah tangga, tetapi potensinya melampaui barang-barang konsumen. Kualitas ini telah membuat mereka menjadi bahan pokok dalam produk seperti produk perawatan pribadi dan pembersih rumah tangga, tetapi potensinya lebih dari sekadar penggunaan sehari-hari. Penelitian terbaru berfokus pada eksplorasi aplikasi mereka di lebih banyak pengaturan industri, terutama dalam perlindungan korosi baja, bahan yang banyak digunakan dalam infrastruktur dan konstruksi (De vanand & Pappu, 2020).

Korosi baja merupakan tantangan yang signifikan, terutama di lingkungan di mana baja terpapar kelembaban, garam, atau elemen korosif lainnya. CDEA dan TEA telah menunjukkan

harapan dalam membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja, membantu mencegah kerusakan logam dan memperpanjang masa pakainya. Studi terbaru menyoroti kemampuan mereka untuk tidak hanya menghambat reaksi kimia yang bertanggung jawab atas korosi tetapi juga meningkatkan sifat permukaan baja, membuatnya lebih tahan terhadap elemen agresif seperti klorida (Jain & Gupta, 2018). Seiring dengan dorongan untuk solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam ilmu material yang terus berlanjut, inhibitor berbasis air ini menawarkan alternatif yang menjanjikan untuk inhibitor korosi tradisional yang sering kali beracun. Jurnal ini akan mengeksplorasi penelitian terbaru tentang bagaimana CDEA dan TEA dapat digunakan secara efektif dalam perlindungan baja, menyoroti potensi mereka untuk memberikan solusi ramah lingkungan untuk tantangan industri yang telah berlangsung lama.

Penelitian ini difokuskan pada efek CDEA dan TEA terhadap laju korosi API 5L Grade B.

2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian ini meliputi persiapan spesimen dan inhibitor, kemudian dilanjutkan dengan

A. Persiapan Spesimen

Material pipa dipotong dan dibentuk menjadi plat. Setelah material pipa menjadi bentuk plat, kemudian dibuat spesimen dengan ukuran 10 mm x 10 mm x 3 mm. Spesimen yang berupa plat kecil yang kemudian dilakukan proses penghalusan permukaan material dengan menggunakan amplas. Kemudian, spesimen yang telah dihaluskan permukaannya direndam dengan larutan HCL yang disebut dengan proses pickling. Proses pickling ini bertujuan untuk menghilangkan kerak pada permukaan, lapisan korosi, dan permukaan, lapisan korosi, atau kotoran lain yang menempel pada permukaan spesimen. Kemudian, spesimen dibersihkan dengan air mengalir dan sabun sehingga material dipastikan bersih dan siap digunakan.

B. Pembuatan Larutan Perendaman Natrium Klorida

Pembuatan larutan perendaman adalah dengan mencampurkan padatan NaCl ke dalam satu larutan aquades dengan 35 gram NaCl. Kemudian aduk larutan tersebut hingga tercampur rata. Larutan ini berfungsi sebagai tiruan dari lingkungan air laut dimana konsentrasi air laut adalah 3,5% NaCl atau rata-rata salinitas air laut sekitar 35 gram garam per liter air.

C. Pembuatan Inhibitor

Untuk mempersiapkan pembuatan inhibitor, pertama, Mencampur natrium benzoat, CDEA / TEA, akrilat dan etanol. dengan proses pengadukan pada suhu 50 °C - 60 °C selama 60 menit. Kemudian, tambahkan natrium silikat, kalium klorida, kalium sulfat, dan akuades dan aduk hingga suhu larutan normal.

Tabel 1. Komposisi Larutan CDEA

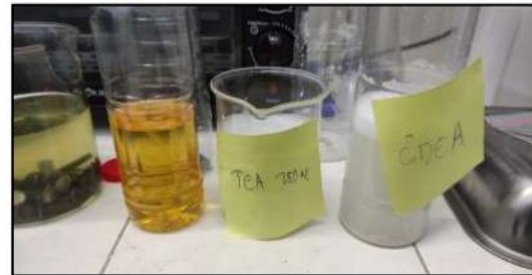
Composition	wt%	gram
Sodium Benzoat	5	12,5
Sodium Silicate	6	15
Pottasium Chloride	2.5	6,25
Pottasium Sulfate	1.5	3,75
Acrylates	1.5	3,75
Ethanol	9	22,5
CDEA	4	10
Aquades	70,5	176,25
Sum		250

Tabel 2. Komposisi Larutan TEA

Composition	wt%	gram
Sodium Benzoat	5	12,5
Sodium Silicate	6	15
Pottasium Chloride	2.5	6,25
Pottasium Sulfate	1.5	3,75
Acrylates	1.5	3,75
Ethanol	9	22,5
TEA	4	10
Aquades	70,5	176,25
Sum		250

Baik Cocamide Diethanolamine (CDEA) maupun Triethanolamine (TEA) mengandung bahan-bahan berikut seperti yang terlihat pada tabel yang direaksikan dengan beberapa bahan seperti Sodium Benzoat, Sodium Silikat,

Pottasium Chloride, Pottasium Sulfat, Akrilat, etanol, dan air.



Gambar 1. Larutan CDEA dan TEA

D. Uji Perendaman

Pengujian uji perendaman dilakukan dengan cara merendam spesimen yang telah dibuat ke dalam larutan perendaman air laut buatan. Pengujian dilakukan selama 30 hari. Kemudian setelah dilakukan uji perendaman, dilakukan perhitungan laju laju korosi yang terjadi. Spesimen yang digunakan sebelumnya dilapisi dengan inhibitor yang telah dibuat dan ada satu spesimen yang tidak menggunakan lapisan inhibitor untuk perbandingan hasil nantinya. perbandingan hasil nantinya.

E. Pengukuran kecepatan korosi dengan metode kehilangan berat

Data yang telah diperoleh dari hasil percobaan dianalisa dengan menggunakan pengukuran laju korosi metode weight loss (Fontana, 1987).

$$r \text{ (mpy)} = \frac{K \times (W_o - W_t)}{D \times A \times t} \quad (1)$$

r = laju korosi (mil per tahun)

Wo = berat awal (miligram)

Wt = berat akhir (miligram)

A = Luas permukaan (in²)

t = waktu pemaparan (jam)

D = densitas (7,85 g/cm³ (untuk API 5L Grade B)

K = konstanta konversi untuk membuat unit kompatibel dengan mpy (3,45 × 10⁻⁴)

F. Pengukuran Efisiensi Inhibitor

Data yang telah diperoleh dari percobaan dianalisis dengan menggunakan metode pengukuran laju korosi metode kehilangan berat (Akbar, 2019).

$$\%E = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\% \quad (2)$$

%E = efisiensi inhibisi (%)

r1 = Laju korosi tanpa inhibitor

r2 = Laju korosi dengan inhibitor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertama, kehilangan berat bahan setelah dan sebelum direndam dalam larutan natrium klorida diukur dengan W_o adalah berat awal dan W_t adalah berat akhir dan W_s adalah kehilangan berat.

Tabel 3. Kehilangan berat API 5L Grade B

Inhibitor	W_o	W_t	W_s
CDEA	2.355 g	2.343 g	0.012 g
TEA	2.355 g	2.349 g	0.006 g
No Inhibitor	2.355 g	2.334 g	0.0207 g

Kemudian, penghitungan laju korosi harus mengikuti rumus yang diberikan, di mana densitas API 5L Grade B adalah 7,85 g/cm³, dan densitasnya adalah 0,496 inci² seperti yang diukur pada tabel 4.

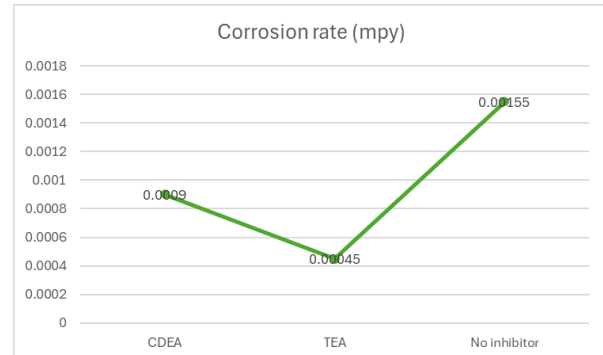
Tabel 4. Kecepatan korosi dari inhibitor

Inhibitor	A(inch ²)	D(g/cm ³)	r (mpy)
CDEA	0.496	7.85	0.0009
TEA	0.496	7.85	0.00045
No Inhibitor	0.496	7.85	0.00155

Korosi API 5L Grade B di lingkungan laut adalah 0,00155 mpy. Sementara itu, laju korosi paling tinggi ketika menggunakan inhibitor TEA dibandingkan dengan inhibitor CDEA. Laju korosinya mencapai sekitar 0,00045 mpy. Sedangkan laju korosi inhibitor CDEA mencapai 0,0009 mpy. Ini berarti bahwa korosi API 5L Grade B dapat lebih baik dilindungi dengan menggunakan inhibitor TEA dibandingkan dengan inhibitor CDEA. Triethanolamine (TEA) lebih efektif daripada Cocamide DEA (CDEA) dalam mencegah korosi pada baja API 5L Grade B, seperti yang ditunjukkan oleh laju korosi yang lebih rendah yang diamati dengan TEA (0,00045 mpy) dibandingkan dengan CDEA (0,0009 mpy). Alasan perbedaan ini terletak pada struktur kimia dan perilaku kedua inhibitor tersebut.

TEA, sebuah amina tersier, membentuk lapisan yang lebih stabil dan protektif pada permukaan baja, bertindak sebagai penghalang yang mencegah zat korosif berinteraksi dengan logam (Chidambaram & Karthikeyan, 2010). TEA juga memiliki kelarutan yang lebih tinggi dalam air, yang memungkinkannya untuk menyebar lebih merata dan mengikat lebih baik ke permukaan baja (Migahed & El-Maghraby, 2011). Di sisi lain, CDEA, surfaktan yang berasal dari minyak kelapa, membentuk lapisan yang lebih lemah dan kurang stabil, sehingga tidak melindungi baja secara efektif (El-Sayed & Abdel-Gaber, 2015).

Selain itu, studi elektrokimia telah menunjukkan bahwa amina seperti TEA lebih efisien dalam mengurangi korosi karena mereka berikatan kuat dengan permukaan logam, memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap korosi (Saratha & Murthy, 2014). Hasilnya, TEA menawarkan perlindungan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan CDEA seperti yang terlihat pada grafik 2.

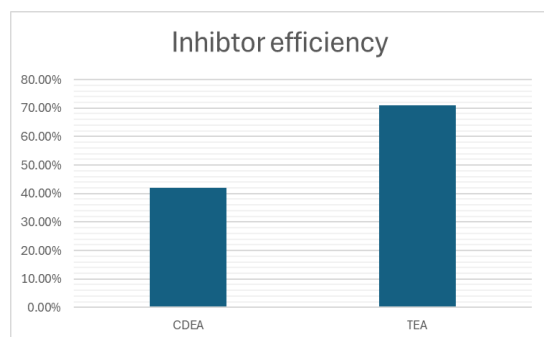


Gambar 2. Kecepatan Korosi API 5L Grade B

Kemudian, efisiensi inhibitor menggambarkan bahwa efisiensi inhibitor TEA adalah 70,97%, sedangkan efisiensi inhibitor CDEA adalah 41,94%. Triethanolamine (TEA) jelas merupakan inhibitor korosi yang lebih efektif dibandingkan dengan Cocamide DEA (CDEA), seperti yang ditunjukkan oleh efisiensi inhibitor yang lebih tinggi yaitu 70,97% untuk TEA dibandingkan 41,94% untuk CDEA seperti yang terlihat pada tabel 4 dan bagan 3.

Tabel 4. Komposisi larutan TEA

Inhibitor	Kecepatan korosi	Efisiensi
CDEA	0.0009 mpy	41.94%
TEA	0.00045 mpy	70.97%



Gambar 3. Efisiensi Inhibitor CDEA dan TEA

Alasan TEA memiliki kinerja yang lebih baik terletak pada kemampuannya untuk membentuk lapisan pelindung yang lebih kuat dan lebih stabil pada permukaan logam, sehingga mencegah korosi secara lebih efektif (Chidambaram & arthikeyan, 2010). TEA juga memiliki kelarutan dan sifat elektrokimia yang lebih baik, yang memungkinkannya untuk menyebar secara merata dan terikat erat dengan baja, sehingga menawarkan perlindungan yang tahan lama. Sebaliknya, CDEA membentuk lapisan yang lebih lemah dan kurang stabil, yang menghasilkan perlindungan korosi yang lebih rendah (Saratha & Murthy, 2014). Hasilnya, TEA menjadi pilihan yang lebih baik untuk melindungi baja dari korosi..

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari data dan analisis tersebut, yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pemanfaatan Triethanolamine (TEA) lebih baik daripada Cocamide DEA (CDEA) yang dibuktikan dengan efisiensinya (70,97%) dibandingkan dengan inhibitor CDEA yang hanya 41,94%.

2. Laju korosi Trietanolamina (TEA) adalah 0,00045 mpy, sedangkan laju korosi Cocamide DEA (CDEA) adalah 0,0009 mpy

3. Trietanolamina (TEA) lebih efektif daripada Cocamide DEA (CDEA) dalam melindungi baja API 5L Grade B dari korosi. TEA menciptakan lapisan pelindung yang lebih kuat dan lebih stabil pada permukaan baja, yang membantu mencegah korosi dengan menghalangi interaksi antara logam dan agen berbahaya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan TEA yang lebih baik untuk larut dalam air dan menempel pada permukaan logam, di sisi lain, CDEA membentuk lapisan pelindung yang lebih lemah dan kurang tahan lama, sehingga kurang efisien dalam mencegah korosi. Hasilnya, TEA menonjol sebagai pilihan yang lebih baik untuk perlindungan korosi pada baja, terutama di lingkungan di mana korosi menjadi perhatian

5. REFERENSI

- [1] Al-Turkustani, A. M. 2013. Thermodynamic, chemical and electrochemical investigation of Pandanus tectorius extract as corrosion inhibitor for steel in sulfuric acid solutions. *European Journal of Chemistry*, 4(3), 303-310.
- [2] Ferreira, K. C. R., Cordeiro, R. F. B., Nunes, J. C., Orofino, H., Magalhães, A., Torres, A. G., & D'Elia, E. 2016. Corrosion inhibition of carbon steel in HCl solution by aqueous brown onion peel extract. *International Journal of Electrochemical Science*, 11, 406-418.
- [3] Yulianti, Iftitahul F. 2016. Pengaruh Penambahan Tapioka pada Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium guajava l.) terhadap Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Api 5L grade B pada Lingkungan Ph 4 dan Ph 7. *Tesis*. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Ji, G., Shukla, S. K., Dwivedi, P., Sundaram, S., Prakash, R., & R., 2011. Inhibitive effect of Argemone mexicana plant extract on acid corrosion of mild steel. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(21), 11954–11959.
- [5] Prabakaran, M., Kim, S.-H., Hemapriya, V., & Chung, I. M. 2016. Evaluation of polyphenol

- composition and anti-corrosion properties of *Cryptostegia grandiflora* plant extract on mild steel in acidic medium. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 37, 47–56.
- [6] Krishnegowda, P. M., Venkatesha, V. T., Krishnegowda, P. K. M., & Shivayogiraju, S. B. 2013. Acalypha torta leaf extract as green corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid solution. *Journal of Industrial Engineering and Chemistry*, 52(2), 722–728.
- [7] Ostovari, A., Hoseinieh, S. M., Peikari, M., Shadizadeh, S. R., & Hashemi, S. J. 2009. Corrosion inhibition of mild steel in 1M HCl solution by henna extract: A comparative study of the inhibition by henna and its constituents (lawsone, gallic acid, α -D-glucose, and tannic acid). *Corrosion Science*, 51(9), 1935–1949.
- [8] Septiari, R., & Supomo, H. 2013. Studi penggunaan ekstrak bahan alami sebagai inhibitor korosi pada cat untuk pelat kapal A36. *Jurnal Teknik POMITS*, 2, 1-5. 13(2), 163-168.
- [9] Karim, A. A., & Yusuf, Z. A. 2012. Analisa pengaruh penambahan inhibitor kalsium karbonat dan tapioka terhadap tingkat laju korosi pada pelat baja tangki ballast air laut. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 10(7), 205–212.
- [10] Singh, A., Ebenso, E. E., & Quraishi, M. A. 2012. Corrosion inhibition of carbon steel in HCl solution by some plant extracts. *International Journal of Corrosion*, 2012, 1–20.
- [11] Ituen, E., Akaranta, O., James, A., & Sun, S. 2017. Green and sustainable local biomaterials for oil field chemicals: *Griffonia simplicifolia* extract as steel corrosion inhibitor in hydrochloric acid. *Science, Manufacturing & Technology*, 11, 12–18.
- [12] Singh, A., Ebenso, E. E., & Quraishi, M. A. 2012. Corrosion inhibition of carbon steel in HCl solution by some plant extracts. *International Journal of Corrosion*, 2012, 1–20.
- [13] Li, L., Zhang, X., Lei, J., He, J., Zhang, S., & Pan, F. 2012. Adsorption and corrosion inhibition of *Osmanthus fragrans* leaves extract on carbon steel. *Corrosion Science*, 63, 82–90.
- [14] Sastri, V.S. 2011. *Green Corrosion Inhibitors: Theory and Practice*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- [15] Ilim, K. D. P., & Sudrajat. 2007. Studi penggunaan tumbuhan tembakau, teh dan kopi sebagai inhibitor korosi baja lunak dalam air laut
- [16] Irianty, R. S., & Khairat. 2013. Ekstrak daun pepaya (*Carica papaya*) sebagai inhibitor korosi baja ST.37 dalam medium asam sulfat. *Jurnal Teknobiologi*, IV(2), 77-82.
- [17] Alvarado, M. F., & Rodríguez, G. L. 2019. The role of Cocamide Diethanolamine and Triethanolamine in corrosion inhibition: Mechanisms and applications. *Journal of Industrial Chemistry*, 58(3), 215-223.
- [18] Devanand, S., & Pappu, R. 2020. Surface-active agents in water-based corrosion inhibition: A comparative study of Cocamide Diethanolamine and Triethanolamine. *Corrosion Science*, 168, 108571.
- [19] Jain, V., & Gupta, P. 2018. Corrosion control in aqueous environments: The effectiveness of Triethanolamine and Cocamide Diethanolamine as inhibitors. *Journal of Environmental Engineering*, 144(9), 04018084
- [20] Fontana, M. G. 1987. *Corrosion engineering (3rd ed.)*. McGraw-Hill.
- [21] Akbar, S.A. 2019. Potensi metabolit sekunder buah jambu biji (*Psidium guajava*) sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan pada besi. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 2(1):1-9.
- [22] Chidambaram, R., & Karthikeyan, M. 2010. Corrosion inhibition by amines and their derivatives: A review. *Materials Chemistry and Physics*,

- 121(1-2), 83-88.
- [23] Migahed, M. A., & El-Maghraby, A. 2011. Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by amine-based surfactants. *Corrosion Science*, 53(7), 2236-2245.
- [24] El-Sayed, E. S. A., & Abdel-Gaber, A. M. 2015. Cocamide DEA as an inhibitor for corrosion of mild steel in acidic media. *Corrosion Science*, 89, 51-60.
- [25] Saratha, R., & Murthy, V. S. 2014. Corrosion inhibition of mild steel by amine derivatives in acidic medium. *Journal of Applied Electrochemistry*, 44(9), 1161-1169.