



## Ekstraksi Teh Hijau dan Aplikasinya sebagai Pengendali Korosi Pada Pompa di Lingkungan Garam NaCl 3,56%

### [Green Tea Extraction and Its Application as Corrosion Controller in 3.56% NaCl]

Retno Indarti✉

Department of Chemical Engineering, Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40012

**Abstract.** Green tea leaves contain antioxidant compounds that can be used as organic inhibitors in a corrosion process. Tea leaves were extracted by maceration method using 70% ethanol solution with a solid:solvent ratio of 1:8 (w/v) for 1 x 24 hours in an atmospheric room. The extract was then concentrated with a rotary evaporator and separated with solvent under vacuum conditions at 852 mbar, temperature of 70°C and rotation of 80 rpm. The results of the qualitative test of extra tea leaves using 10% NaOH and 1% FeCl<sub>3</sub> changed the color to brownish orange and blue-black. This indicates the content of flavonoids and tannins. Green tea leaf extract is also applied to control the corrosion rate of brass metal. Variations in the concentration of tea leaves were 200, 400, 600 ppm in 3.56% NaCl solution. The pump circulation is carried out for 40 hours, the weight loss method is carried out every 8 hours. The average corrosion rate without inhibitor is 3.95 mmpy, the corrosion rate with 200 ppm inhibitor is 1.24 mmpy, the corrosion rate with 400 ppm inhibitor is 0.46 mmpy, the corrosion rate with 600 ppm inhibitor is 0.23 mmpy. A significant decrease in the corrosion rate occurred at a concentration of 600 ppm with an efficiency of 92.32%.

**Keywords:** extraction, tea leaves, organic inhibitors, corrosion rate, brass metal

**Abstrak.** Daun Teh Hijau mengandung senyawa antioksidan yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor organik pada suatu proses korosi. Daun teh diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan larutan etanol 70% dengan rasio padatan: pelarut sebesar 1:8 (b/v) selama 1 x 24 jam di ruangan atmosferik. Hasil ekstrak kemudian dipisahkan dengan rotary evaporator dan dipisahkan dengan pelarut pada kondisi vakum di tekanan 852 mbar, suhu 70°C dan putaran 80 rpm. Hasil pengujian ekstra daun teh secara kualitatif menggunakan NaOH 10% dan FeCl<sub>3</sub> 1% terjadi perubahan warna menjadi orange kecoklatan dan biru kehitaman. Hal ini mengindikasikan kandungan flavonoid dan tanin. Ekstrak daun teh hijau juga diaplikasikan untuk pengendalian laju korosi pada logam kuningan. Variasi konsentrasi daun teh sebesar 200, 400, 600 ppm dalam media larutan NaCl 3,56%. Sirkulasi pompa dilakukan selama 40 jam, metode kehilangan berat dilakukan setiap 8 jam. Hasil laju korosi tanpa inhibitor rata-rata sebesar 3,95 mmpy, hasil laju korosi dengan inhibitor 200 ppm sebesar 1,24 mmpy, hasil laju korosi dengan inhibitor 400 ppm sebesar 0,46 mmpy, hasil laju korosi dengan inhibitor 600 ppm sebesar 0,23 mmpy. Penurunan laju korosi secara signifikan terjadi pada konsentrasi 600 ppm dengan efisiensi sebesar 92,32%

**Kata kunci:** ekstraksi, daun teh, inhibitor organik, laju korosi, logam kuningan.

Diterima: 19 November 2022, Disetujui: 6 Desember 2022

Sitasi: Indarti, R. (2022). Ekstraksi Teh Hijau dan Aplikasinya Sebagai Pengendali Korosi Pada Pompa di Lingkungan Garam NaCl 3,56%. KOVALEN: *Jurnal Riset Kimia*, 8(3): 248-257.

### LATAR BELAKANG

Korosi merupakan hasil interaksi proses elektrokimia sebuah logam dengan lingkungan

yang menyebabkan adanya penurunan kualitas logam tersebut. Permukaan logam yang bersentuhan dengan air (daerah anodik) terjadi pelarutan atom-atom besi disertai pelepasan elektron hingga membentuk ion Fe<sup>2+</sup> yang larut

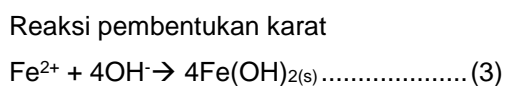
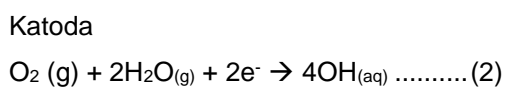
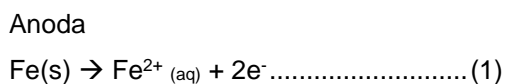
✉ Corresponding author  
E-mail: [retno.indarti@polban.ac.id](mailto:retno.indarti@polban.ac.id)

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i3.16160>



2477-5398/ © 2022 Indarti  
This is an open-access article under the CC BY-SA license.

dalam air (persamaan reaksi 1). Elektron dari logam baja dilepaskan dari anoda ke bagian logam baja lainnya yang bertindak sebagai katoda, sedangkan pada daerah katoda terjadi reduksi oksigen dari udara (persamaan reaksi 2). Ion Fe<sup>2+</sup> pada permukaan logam bergerak menuju daerah katodik dan bereaksi dengan ion-ion OH<sup>-</sup> membentuk karat (Fe(OH)<sub>2</sub>) (persamaan reaksi 3).



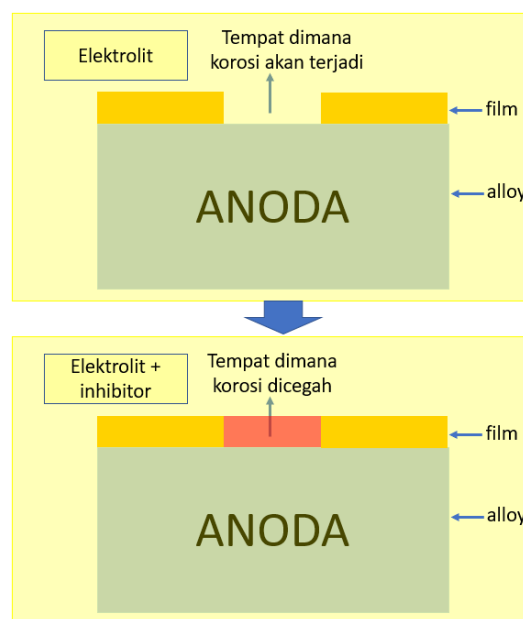
Korosi dapat diminimalisir dengan berbagai cara, seperti pelapisan logam maupun penambahan inhibitor pada lingkungan. Ditinjau dari kesederhanaan proses dan besarnya biaya, cara paling efektif untuk memperlambat laju korosi adalah dengan penggunaan inhibitor (Kadhim *et al.*, 2021; C. Verma *et al.*, 2021). Proses korosi dapat terjadi pada berbagai macam aplikasi yang menggunakan logam, salah satunya adalah pompa.

Pompa merupakan alat yang dapat digunakan untuk memindahkan fluida dari satu unit/ tempat menuju ke unit/ tempat lain. Proses korosi dapat terjadi pada alat ini dikarenakan beberapa faktor, antara lain laju alir yang ditransfer, kandungan ion agresif pada liquid yang dipindahkan dan jenis logam yang digunakan (Sinha & Tyagi, 2020; Wei *et al.*, 2019). Proses korosi pada pompa ini dapat ditekan dengan adanya penambahan inhibitor korosi.

Inhibitor korosi adalah suatu zat dengan konsentrasi kecil yang ditambahkan ke dalam

media korosi. Penambahan zat ini bertujuan untuk menurunkan serangan korosi terhadap struktur logam (Rahim *et al.*, 2008). Inhibitor dapat menghambat laju korosi dengan cara adsorpsi yaitu dengan membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan logam dengan dipengaruhi pengaruh lingkungan, seperti pH, suhu, oksigen terlarut dan bakteri pereduksi pada logam (Sivakumar *et al.*, 2018; D. K. Verma *et al.*, 2021). Mekanisme proses inhibitor secara umum ditampilkan pada Gambar 1.

Inhibitor yang digunakan biasanya merupakan inhibitor jenis organik, dimana inhibitor organik memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan dan mudah didapatkan di alam (Chauhan *et al.*, 2021; Popoola, 2019). Beberapa jenis tanaman dapat digunakan sebagai inhibitor organik karena mengandung zat antioksidan. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun teh dengan pertimbangan adanya zat antioksidan, yaitu tanin (25%) dan flavonoid (30%) (Farhoosh *et al.*, 2007; Kopjar *et al.*, 2015).



**Gambar 1.** Mekanisme proses inhibitor (Rahim *et al.*, 2008)

Tanaman teh (*Camellia sinensis*) merupakan tanaman jenis genus *Camellia* dan famili *Theaceae* yang berasal dari Asia Tenggara. Karakteristik fisik tanaman ini adalah berbunga bulat dan putih. Daun tanaman ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan inhibitor karena mengandung senyawa antioksidan (Yu *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2019). Pembuatan inhibitor organik ini dilakukan dengan menggunakan proses ekstraksi maserasi dan pemekatan.

Proses ekstraksi maserasi dan pemekatan dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol. Pelarut etanol dipilih karena tanin dan flavonoid larut dalam pelarut polar seperti etanol. Hasil dari proses tersebut diaplikasikan untuk pengendalian laju korosi sebagai inhibitor organik dalam media larutan NaCl 3.56% (Muliastri *et al.*, 2021; Nikitasari *et al.*, 2021; Pradityana *et al.*, 2018). Analisis pengujian yang dilakukan meliputi pengujian fitokimia, GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*), laju korosi dan fotomikro.

Pengujian fitokimia dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa antioksidan di dalam ekstrak daun teh. Uji GC-MS dilakukan untuk mengetahui kadar zat antioksidan. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode *weight loss* (kehilangan berat) dan fotomikro untuk mengetahui kondisi logam akibat korosi (Brahmi *et al.*, 2020; Tandon *et al.*, 2018).

## METODOLOGI PENELITIAN

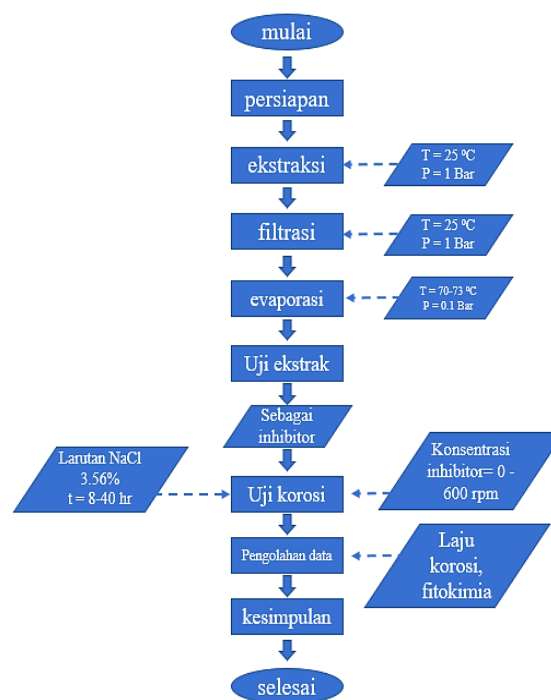
### Bahan dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan bahan baku antara lain teh hijau dan larutan etanol. Bahan untuk pengujian adalah logam Fe sebagai benda kerja, larutan NaOH, larutan  $\text{FeCl}_3$ . Alat yang dipakai dalam penelitian ini

adalah *rotary vacuum evaporator*, mikroskop dan neraca analitik.

### Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari beberapa tahap (Gambar 2).



**Gambar 2.** Tahapan pelaksanaan penelitian

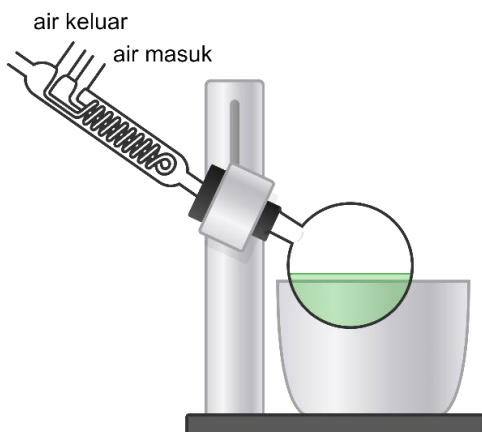
### Tahap persiapan

Merupakan tahap awal dari penelitian. Meliputi kegiatan studi literatur, persiapan alat dan bahan. Pertama-tama daun teh ditimbang sebanyak 700 gram. Setelah itu larutan alkohol 70% dan larutan NaCl 3.56% disiapkan. Pengamplasan dilakukan terhadap benda kerja untuk membersihkan benda kerja dari impuritas.

### Ekstraksi

Proses pengambilan ekstrak yang digunakan dalam penelitian ini adalah maserasi dalam pelarut etanol 70%. Proses maserasi menggunakan rasio daun teh : pelarut sebanyak 1 : 8 (b/v) pada suhu 25 °C selama 1x24 jam dengan pengadukan setiap 30 menit. Produk hasil maserasi kemudian difiltrasi agar

daun teh terpisah dari filtratnya menggunakan kertas saring. Hasil penyaringan didapat ekstrak dan residu. Residu difiltrasi kembali agar ekstrak yang terpisah dapat dilakukan secara maksimal. Ekstrak daun teh yang telah difiltrasi, kemudian dilakukan proses evaporasi untuk menguapkan pelarut etanol di dalam ekstrak tersebut. Proses evaporasi dilakukan pada suhu 70 °C - 73°C pada tekanan 850 mbar dengan kecepatan pengadukan 80 rpm. Waktu pemekatan dilakukan selama 3,5 jam (Atrens *et al.*, 2013; Deshpande, 2010). Proses evaporasi yang dilakukan pada *rotary evaporator*, dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Sketsa alat proses evaporasi

**Analisis fitokimia**

1. Kandungan senyawa flavonoid

Sebanyak 5 mL sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan larutan NaOH 10% sebanyak 3-5 tetes ke dalam sampel. Perubahan yang terjadi jika sampel mengandung flavonoid adalah jika terjadi perubahan warna menjadi warna jingga kecoklatan atau jingga kehitaman (Harborne, 1987).

2. Kandungan senyawa tanin

Sebanyak 5 mL sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan larutan FeCl<sub>3</sub> 1% sebanyak 3-5 tetes ke

dalam sampel. Perubahan yang terjadi jika sampel mengandung tanin adalah jika terjadi perubahan warna menjadi biru kehitaman (Harborne, 1987).

**Pengujian ekstrak sebagai Inhibitor**

Pengujian ekstrak daun teh sebagai inhibitor dilakukan pada benda kerja pada lingkungan garam 3,56%. Sebelum dilakukan proses, benda kerja ditimbang dahulu berat awalnya. Konsentrasi inhibitor yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 200, 400 dan 600 ppm. Proses pengujian ekstrak sebagai inhibitor dilakukan setiap 8 jam. Hasil dari pengujian kemudian dilakukan perhitungan laju korosi (*r*) dengan metode kehilangan berat (*weight loss*) (ASTM, 2005).

$$r = \frac{\Delta w}{(\rho \times A \times t)} \dots\dots\dots (4)$$

atau

$$r = \frac{(K \times W)}{(\rho \times A \times t)} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- W : berat logam yang hilang (gram)
- $\rho$  : massa jenis logam (gr/cm<sup>3</sup>)
- A : luas permukaan spesimen (cm<sup>2</sup>)
- t : waktu proses korosi (mmpy) atau (mpy/mmpy)
- K : konstanta laju korosi (mpy atau mmpy)

Setelah perhitungan laju korosi, efisiensi inhibitor (*eff*) dapat diketahui dengan rumus:

$$eff = \frac{(X_a - X_b)}{(X_a)} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- X<sub>a</sub> : laju korosi tanpa inhibitor (mpy atau mmpy)
- X<sub>b</sub> : laju korosi dengan inhibitor (mpy atau mmpy)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Ekstrak Daun Teh**

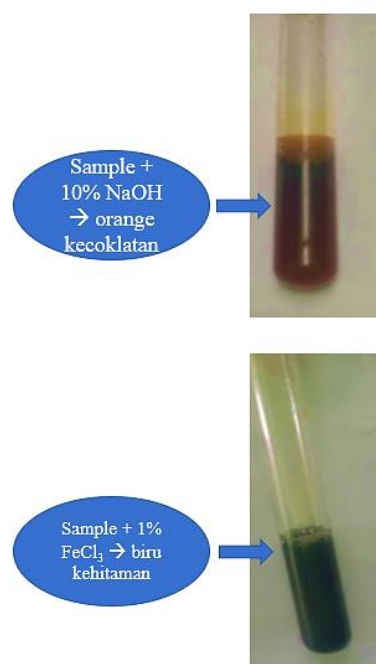
Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan maserasi selama 24 jam dengan suhu 25°C dan tekanan 1 bar. Ekstrak

yang dihasilkan setelah proses maserasi sebanyak 4.170 mL. Proses pemekatan dilakukan setelah proses ekstraksi selesai dengan kondisi operasi 70°C - 73°C dengan tekanan 800 mbar selama 3 jam. Penurunan tekanan menjadi vakum dilakukan dengan tujuan menurunkan suhu titik didihnya. Hasil dari proses pemekatan dapat dilihat pada Gambar 5 dan ekstrak yang dihasilkan sebesar 176,96 gram dengan *yield* sebesar 25,23%.

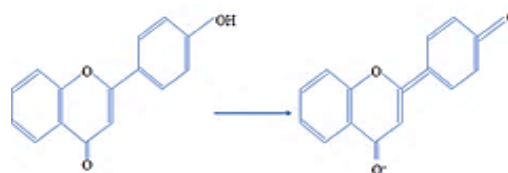
### Kandungan Fitokimia

Analisis uji fitokimia yang dilakukan pada penelitian ini berfungsi sebagai analisis kualitatif yang berfungsi untuk mengetahui kandungan senyawa antioksidan dalam ekstrak daun teh yang berfungsi sebagai inhibitor. Uji yang dilakukan adalah uji kandungan tanin dengan menggunakan  $\text{FeCl}_3$  1% (Marliana *et al.*, 2005) dan uji kandungan flavonoid dengan menggunakan larutan NaOH (Ekawati *et al.*, 2017).

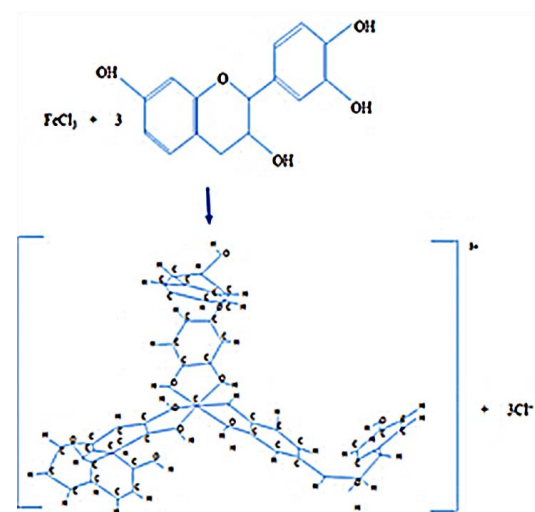
Perubahan warna saat ekstrak ditambahkan larutan NaOH 10% menjadi jingga tua atau jingga kecoklatan menandakan adanya zat flavonoid (Gambar 4). Perubahan warna yang dihasilkan dari penambahan larutan NaOH 10% dikarenakan adanya reduksi NaOH 10% (Gambar 5). Selain itu, pengujian fitokimia dilakukan juga untuk mengetahui kandungan tanin pada ekstrak daun teh. Uji fitokimia dilakukan dengan menambahkan  $\text{FeCl}_3$  1% ke dalam sampel. Adanya perubahan warna menjadi biru kehitaman mengindikasikan adanya zat tanin yang terkandung di dalam ekstrak daun teh. Perubahan warna jingga menjadi biru kehitaman merupakan indikasi tanin membentuk senyawa kompleks dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$  (Gambar 6).



**Gambar 4.** Hasil uji fitokimia



**Gambar 5.** Reaksi flavonoid dengan NaOH (Robinson, 1983)



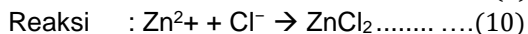
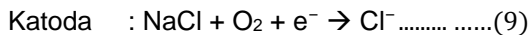
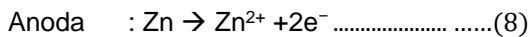
**Gambar 6.** Reaksi tanin dengan  $\text{FeCl}_3$  (Sulasmi *et al.*, 2019; Supriadin *et al.*, 2021)

### Hasil Uji Korosi

Proses uji korosi pada penelitian ini dilakukan pada benda kerja yang berbahan



kuningan. Media yang digunakan adalah larutan garam (NaCl) 3,56% dan perendaman dilakukan selama 8 jam. Setelah itu dilakukan uji laju korosi dengan metode kehilangan berat. Reaksi korosi yang terjadi pada benda kerja yaitu:



Rangkaian alat uji korosi dapat dilihat pada Gambar 7 dan media yang dilindungi oleh inhibitor dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Rangkaian alat proses uji korosi

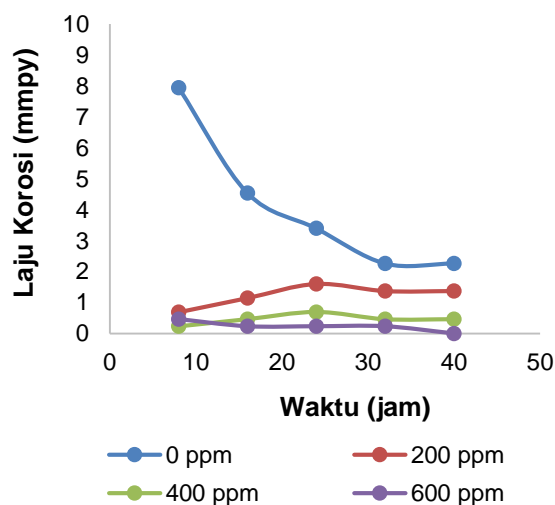


Gambar 8. Bagian pompa yang dilindungi inhibitor

**Analisis Umum Uji Korosi pada Benda Kerja**

Laju korosi tanpa inhibitor mengalami penurunan dari 7,9458 mmpy hingga 1,5855 mmpy. Hal ini dikarenakan telah terbentuknya lapisan pasif pada logam benda kerja. Berdasarkan ASTM GI-90 pada Tabel 1, laju korosi tersebut masuk ke dalam kategori laju korosi *unacceptable*. Laju korosi dengan

konsentrasi inhibitor 200 ppm dan 400 ppm mampu menghambat pada 8 jam pertama, namun pada 16 jam dan 24 jam kenaikan laju korosi terindikasi dikarenakan inhibitor yang digunakan belum membentuk lapisan tipis protektif secara menyeluruh sehingga sebagian permukaan benda kerja tidak terproteksi. Pada hasil 32 jam dan 40 jam, kecenderungan proteksi yang lebih stabil dapat terlihat karena lapisan tipis protektif mulai terbentuk sehingga kemampuan untuk menghambat laju korosi menjadi lebih baik. Pada konsentrasi 600 ppm, 8 jam pertama laju korosi lebih besar daripada konsentrasi 400 ppm (Jaehne *et al.*, 2008; Walker, 1993). Namun, pada konsentrasi 600 ppm, laju korosi mengalami penurunan hingga benda kerja tidak terkorosi lebih lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan protektif pada inhibitor ekstrak daun teh sudah terbentuk sehingga tidak terjadi penurunan berat pada benda kerja. Efisiensi inhibisi pada variasi konsentrasi inhibitor 600 ppm selama 40 jam adalah 94,32%. Secara umum penambahan inhibitor ekstrak daun teh dapat menurunkan laju korosi pada logam. Hasil laju korosi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Laju korosi dalam variasi konsentrasi inhibitor tiap 8 jam

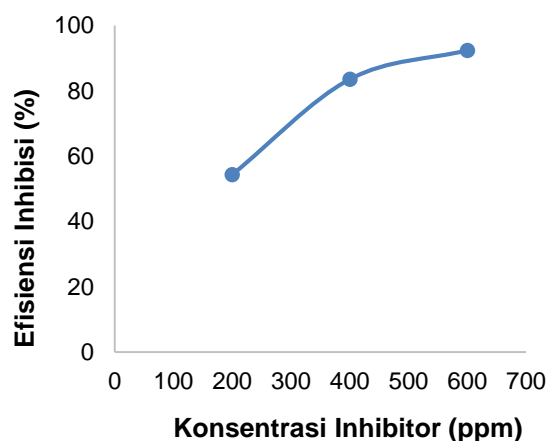
**Tabel 1.** Kategori laju korosi

Relative corrosion Resistance	Approximate metric equivalent			
	mpy	mmpy	µm/y	nm/hr
Outstanding	<1	<0,02	<25	<2
Excellent	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10
Good	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50
Fair	20-50	0,5-1	500-1000	50-150
poor	50-200	1-5	1000-5000	150-500
unacceptable	>200	>5	>5000	>500

Sumber: Walker (1993)

**Efisiensi Inhibisi Korosi pada Berbagai Macam Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh**

Semakin meningkatnya konsentrasi inhibisi inhibitor, perlindungan logam semakin meningkat (Gambar 10). Akibat dari permukaan logam yang telah terproteksi menyebabkan laju korosi yang berlangsung di permukaan logam mengalami penurunan (Calado *et al.*, 2021; Manasa *et al.*, 2017). Nilai inhibisi tertinggi terdapat pada konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh 600 ppm dengan efisiensi inhibisi sebesar 94,32%.

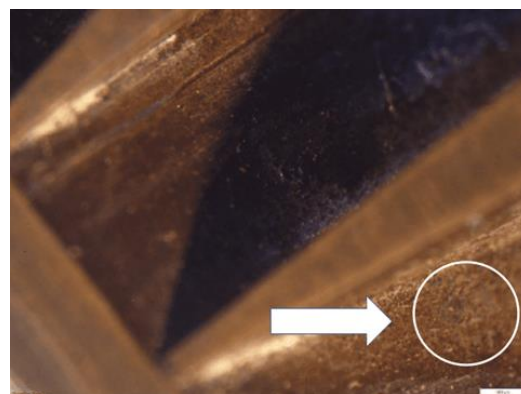


**Gambar 10.** Efisiensi inhibitor

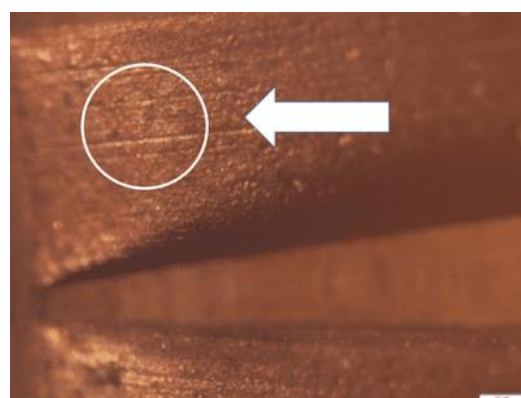
**Analisis Fotomikro**

Logam dipotong secara melintang menggunakan alat gergaji. Analisis fotomikro dilakukan di PT Dirgantara Indonesia

menggunakan mikroskop dengan perbesaran 11x. Analisis fotomikro dilakukan untuk mengetahui perbedaan permukaan logam benda kerja tanpa inhibitor ekstrak dauh teh dan dengan inhibitor ekstrak dauh teh, sehingga pengaruh inhibitor terhadap proses korosi yang terjadi pada permukaan logam benda kerja dan laju korosi menjadi berkurang.



**Gambar 11.** Fotomikro logam tanpa ekstrak daun teh



**Gambar 12.** Fotomikro logam dengan ekstrak daun teh

Berdasarkan Gambar 11, terdapat lubang kecil seperti pori-pori pada permukaan logam benda kerja yang disebabkan adanya proses korosi. Jenis korosi tersebut merupakan korosi erosi jenis kavitasi (Mayer *et al.*, 2020). Pada Gambar 12, terlihat permukaan logam sebagai material yang dilapisi oleh inhibitor ekstrak dauh teh masih terdapat lubang kecil yang berbentuk pori-pori pada permukaan logam benda kerja. Perbedaan kedua gambar

tersebut dapat dilihat pada tingkat korosi yang berbeda, dimana tingkat korosi pada Gambar 11 lebih banyak daripada Gambar 12. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi pada Gambar 12 lebih lambat daripada Gambar 11.

## KESIMPULAN

Inhibitor korosi dari ekstrak daun teh dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi. Penurunan laju korosi terbaik diperoleh pada konsentrasi 600 ppm sebanyak 0,2325 mmpy dengan efisiensi sebesar 94,32%. Ekstrak daun teh memiliki kandungan flavonoid dan tanin, yang dibuktikan dengan uji fitokimia. Penurunan laju korosi dapat dibuktikan dari hasil fotomikro logam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atrens, A., Song, G. L., Cao, F., Shi, Z., and Bowen, P. K. (2013). Advances in Mg corrosion and research suggestions. *Journal of Magnesium and Alloys*, 1(3), 177–200. <https://doi.org/10.1016/j.jma.2013.09.003>
- ASTM. (2005). *International ASTM G31-72 Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. ASTM, United states.
- Brahami, A., Fajoui, J., and Bouchouicha, B. (2020). Exfoliation Corrosion Impact on Microstructure, Mechanical Properties, and Fatigue Crack Growth of Aeronautical Aluminum Alloy. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 20(1), 197–207. <https://doi.org/10.1007/s11668-020-00815-y>
- Calado, L.M., Taryba, M.G., Morozov, Y., Carmezim, M.J., and Montemor, M.F. (2021). Cerium phosphate-based inhibitor for smart corrosion protection of WE43 magnesium alloy. *Electrochimica Acta*, 365, 137368. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.137368>
- Chauhan, D. S., Verma, C., & Quraishi, M. A. (2021). Molecular structural aspects of organic corrosion inhibitors: Experimental and computational insights. *Journal of Molecular Structure*, 1227, 129374. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129374>
- Deshpande, K. B. (2010). Experimental investigation of galvanic corrosion: Comparison between SVET and immersion techniques. *Corrosion Science*, 52(9), 2819–2826. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2010.04.023>
- Ekawati, M. A., Suirta, I. W., & Santi, S. R. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Senyawa Flavonoid Pada Daun Sembukan (*Paederia foetida* L) Serta Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan. *Jurnal Kimia*. <https://doi.org/10.24843/jchem.2017.v11.i01.p07>
- Robinson, T. (1983). *The Organic Constituents of Higher Plants Their Chemistry and Interrelationships*. 5th Ed. Cordus Press, North Amherst.
- Farhoosh, R., Golmovahhed, G. A., & Khodaparast, M. H. H. (2007). Antioxidant activity of various extracts of old tea leaves and black tea wastes (*Camellia sinensis* L.). *Food Chemistry*, 100(1), 231–236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.046>
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tanaman*. ITB, Bandung
- Jaehne, E., Oberoi, S., & Adler, H. J. P. (2008). Ultra thin layers as new concepts for corrosion inhibition and adhesion promotion. *Progress in Organic Coatings*, 61(2–4), 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.09.044>
- Kadhim, A., Al-Amiery, A. A., Alazawi, R., Al-Ghezi, M. K. S., & Abass, R. H. (2021). Corrosion inhibitors. A review. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, 10(1), 54–67. <https://doi.org/10.17675/2305-6894-2021-10-1-3>
- Kopjar, M., Tadić, M., & Piližota, V. (2015). Phenol content and antioxidant activity of green, yellow and black tea leaves. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s40538-014-0028-7>
- Manasa, S., Jyothirmayi, A., Siva, T., Sathyanarayanan, S., Gobi, K. V., & Subasri, R. (2017). Effect of inhibitor loading into nanocontainer additives of self-healing corrosion protection coatings on aluminum alloy A356.0. *Journal of*



- Alloys and Compounds*, 726, 969–977. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.08.037>
- Marliana, S. D., Suryanti, V., & Suyono. (2005). Skrining Fitokimia dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Komponen Kimia Buah Labu Siam (*Sechium edule* Jacq . Swartz .) dalam Ekstrak Etanol. *Biofarmasi*, 3(1), 26–31.
- Mayer, A. R., Bertuol, K., Siqueira, I. B. A. F., Chicovski, A., Váz, R. F., de Sousa, M. J., & Pukasiewicz, A. G. M. (2020). Evaluation of cavitation/corrosion synergy of the Cr3C2-25NiCr coating deposited by HVOF process. *Ultrasonics Sonochemistry*, 69, 105271. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105271>
- Muliastri, D., Septiyani, D. E., Afif, N., Sirenden, V. T., & Suprihartini, J. N. R. (2021). Application of Organic Inhibitors to the Corrosion of Materials AISI 1070 Steel. *Current Journal: International Journal Applied Technology Research*, 2(1), 12–20. <https://doi.org/10.35313/ijatr.v2i1.39>
- Nikitasari, A., Sundjono, Priyotomo, G., & Royani, A. (2021). Sargassum seaweed extract as a novel green corrosion inhibitor for API-5L carbon steel. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, 10(4), 1689–1699. <https://doi.org/10.17675/2305-6894-2021-10-4-20>
- Popoola, L. T. (2019). Organic green corrosion inhibitors (OGCIs): A critical review. *Corrosion Reviews*, 37(2), 71–102. <https://doi.org/10.1515/correv-2018-0058>
- Pradityana, A., Subiyanto, H., Winarto, Sanyoto, B. L., Sarsetiyanto, J., & Suhariyanto. (2018). Analysis of surface characteristic in mango peels as inhibitor in acid solution. *AIP Conference Proceedings*, 1983. <https://doi.org/10.1063/1.5046298>
- Rahim, A. A., Rocca, E., Steinmetz, J., & Jain Kassim, M. (2008). Inhibitive action of mangrove tannins and phosphoric acid on pre-rusted steel via electrochemical methods. *Corrosion Science*, 50(6), 1546–1550. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2008.02.013>
- Sinha, M., & Tyagi, R. K. (2020). Strength and corrosion analysis in alloy steel and E-glass composite wear ring in automotive engine cooling water pump. *Materials Today: Proceedings*, 21, 1474–1478. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.054>
- Sivakumar, V., Velumani, K., & Rameshkumar, S. (2018). Colocid dye - A potential corrosion inhibitor for the corrosion of mild steel in acid media. *Materials Research*, 21(4), 1–10. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-0167>
- Sulasmis, S. E., Saptasari, M., Mawaddah, K., & Ama Zulfia, F. (2019). Tannin identification of 4 species pterydophyta from baluran national park. *Journal of Physics: Conference Series*, 1241, 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1241/1/012002>
- Supriadin, A., Juliani, H., & Tanyela, N. (2021). Isolation flavonoid compound chrysoeriol from ethyl acetate extract of zaitun leaves (*Olea europaea*). *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012052>
- Tandon, V., Patil, A. P., & Bansod, A. (2018). Effect of Zn addition on corrosion resistance of Cu-10Ni alloy in clean and sulphide contaminated seawater. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 57(2), 194–200. <https://doi.org/10.1080/00084433.2017.1403073>
- Verma, C., Ebenso, E. E., Quraishi, M. A., & Hussain, C. M. (2021). Recent developments in sustainable corrosion inhibitors: Design, performance and industrial scale applications. *Materials Advances*, 2(12), 3806–3850. <https://doi.org/10.1039/d0ma00681e>
- Verma, D. K., Kaya, S., Ech-chihbi, E., El-Hajjaji, F., Phukan, M. M., & Alnashiri, H. M. (2021). Investigations on some coumarin based corrosion inhibitors for mild steel in aqueous acidic medium: Electrochemical, surface morphological, density functional theory and Monte Carlo simulation approach. *Journal of Molecular Liquids*, 329. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115531>
- Walker, R. (1993). Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens. *Materials & Design*, 14(3), 207. [https://doi.org/10.1016/0261-3069\(93\)90066-5](https://doi.org/10.1016/0261-3069(93)90066-5)

- Wei, L., Zhang, Z., Nie, S., & Wu, X. (2019). Direct and indirect corrosion wear performance of AISI 630 steel for the slipper/swashplate pair in a water hydraulic pump. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 233(10), 1605–1615. <https://doi.org/10.1177/1350650119841193>
- Yu, X., Xiao, J., Chen, S., Yu, Y., Ma, J., Lin, Y., Li, R., Lin, J., Fu, Z., Zhou, Q., Chao, Q., Chen, L., Yang, Z., & Liu, R. (2020). Metabolite signatures of diverse *Camellia sinensis* tea populations. *Nature Communications*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19441-1>
- Zhang, L., Ho, C. T., Zhou, J., Santos, J. S., Armstrong, L., & Granato, D. (2019). Chemistry and Biological Activities of Processed *Camellia sinensis* Teas: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1474–1495. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12479>