



Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Ringan Menggunakan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE)

Micha Mahardika*, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Indonesia

Isna Lailatusholihah, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Indonesia

Aas Rismawati, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Indonesia

ABSTRACT

An inhibitor is a chemical substance that reduces the corrosion rate of metals when added to an environment. Organic inhibitors containing isoflavonoid compounds can effectively decrease corrosion. Tofu dregs extract contains isoflavonoids, making it a potential organic corrosion inhibitor. This study investigates the use of tofu dregs waste extract to slow down corrosion. Extraction was performed using the Microwave-Assisted Extraction (MAE) method, which accelerates extraction by heating the solvent and sample with microwave radiation. Corrosion testing used the weight loss method. FTIR analysis confirmed the presence of flavonoid compounds, with the highest absorbance at 2926 cm^{-1} . Mild steel treated with 1% tofu dregs extract showed a corrosion rate of 2.1 mpy and 89.3% inhibitor effectiveness. The best performance was achieved with a 2% concentration, producing a corrosion rate of 1.8 mpy and 90.9% effectiveness.

ARTICLE HISTORY

Submitted 26/11/2025

Revised 09/12/2025

Accepted 15/12/2025

KEYWORDS

Inhibitor; Tofu Dregs; Microwave-Assisted Extraction (MAE); Metals; Corrosion

*CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ micha.mahardika@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.12431>

1. PENDAHULUAN

Indonesia sedang mengalami kemajuan pesat pada sektor industri terutama yang bergerak pada industri baja yang terdapat di daerah Cilegon (Fitasari & Santosa, 2020). Penggunaan bahan konstruksi baja semakin meningkat dalam industri karena sifat-sifat mekanik, fisik, dan kimianya yang baik serta lebih murah secara ekonomis. Namun, di balik berbagai keunggulannya, baja juga memiliki kelemahan utama, yaitu rentan terhadap korosi (Saputra et al., 2022).

Korosi merupakan degradasi atau penurunan kualitas dari suatu material akibat terjadinya reaksi kimia antara logam dengan lingkungannya (Tampubolon et al., 2020). Banyak kerugian yang terjadi akibat korosi karena secara perlahan menyebabkan suatu material mempunyai keterbatasan umur pemakaian. Korosi tidak dapat dihindari, namun laju dari korosi dapat berkurang dengan berbagai teknik, salah satu cara untuk mengendalikan laju korosi adalah dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor secara umum terbagi menjadi dua yaitu inhibitor alami dan inhibitor kimia (Sitepu et al., 2021).

Inhibitor kimia yang umum digunakan saat ini meliputi sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng. Namun, pemanfaatan inhibitor berbahan kimia memiliki efek negatif. Penggunaan kromat, fosfat, dan sodium nitrit, misalnya, membutuhkan konsentrasi tinggi (sekitar 300–500 mg/L). Kondisi ini dapat meningkatkan biaya perawatan serta menimbulkan risiko pencemaran karena sifat toksik bahan kimia tersebut. Oleh sebab itu, banyak penelitian kini diarahkan untuk mengembangkan inhibitor korosi berbasis bahan alami yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis, seperti ekstrak tumbuhan atau senyawa organik, yang mampu menekan laju reaksi korosi tanpa menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan (Akbar et al., 2021).

Beberapa bahan alami, seperti ekstrak tumbuhan, limbah organik, dan produk sampingan industri makanan, telah diteliti karena mengandung bahan bioaktif yang dapat mencegah korosi. Flavonoid dapat dijadikan sebagai antikorosi karena flavonoid memiliki gugus fenolik yang dapat menangkap radikal bebas dan mencegah oksidasi dalam konteks korosi, flavonoid membantu menghambat reaksi oksidasi pada permukaan logam yang memicu terbentuknya karat (Siregar & Hasanah, 2023). Salah satu bahan yang bisa dijadikan sebagai inhibitor korosi adalah limbah ampas tahu. Ampas tahu merupakan limbah dari sisa pengolahan tahu. Ampas tahu biasanya dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari seperti pakan ternak sapi, kambing, atau ikan karena kandungan protein dalam ampas tahu cukup tinggi sehingga baik untuk mendukung pertumbuhan hewan ternak. Sampai saat ini ampas tahu belum banyak digunakan untuk penelitian. Hasil skrining fitokimia simplisia biji kedelai mengandung senyawa flavonoid, fenol, steroid, dan terpenoid (Maysura et al., 2019).



Salah satu metode ekstraksi yang kini banyak dikembangkan adalah penggunaan *microwave*, yang dikenal sebagai *Microwave Assisted Extraction* (MAE). MAE merupakan teknik ekstraksi yang memanfaatkan gelombang mikro untuk memberikan pemanasan pada pelarut dan sampel, sehingga proses ekstraksi berlangsung lebih cepat (Banožić et al., 2021). Metode ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain kecepatan ekstraksi yang lebih tinggi, kebutuhan pelarut yang lebih sedikit, dan waktu proses yang lebih singkat. Namun sampai saat ini belum banyak penelitian yang menggunakan ekstrak ampas tahu dari metode MAE sebagai inhibitor korosi, maka peneliti merasa perlu melakukan ekstraksi ampas tahu menggunakan metode MAE yang kemudian diterapkan sebagai inhibitor korosi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat

Botol vial, gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, pipet ukur, batang pengaduk, wadah kaca, spatula, kertas saring *whatman* No 41, neraca analitik, jangka sorong, baja ringan, oven, *microwave*, dan seperangkat alat FTIR.

2.2 Bahan

Akuades, etanol 96%, H₂SO₄ 0,5 M, ampas tahu, aluminium foil, saringan kain.

2.3 Prosedur

2.3.1 Preparasi Sampel

Sampel ampas tahu sebanyak 1 kg diperoleh dari Pabrik Tahu Jangkar Kulon Ciwandan. Sampel dibersihkan dari pengotor dan dilakukan pencucian menggunakan akuades, kemudian sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 2 jam. Selanjutnya diangin-anginkan dalam suhu ruang.

2.3.2 Ekstraksi menggunakan Metode MAE

Sampel ampas tahu kering ditimbang sebanyak 50 g, kemudian diekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% sebanyak 200 mL, ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan menggunakan daya 150 W selama 5 menit dengan metode *pulse (on/off)* per 15 detik, perbandingan pelarut (m:v) yang digunakan yaitu 1:4, kemudian ekstrak ampas tahu disaring menggunakan kertas saring *whatman* No 41, dan dihitung rendemennya.

2.3.3 Analisis FTIR

Ekstrak kental etanol ampas tahu selanjutnya dilakukan uji FT-IR dengan panjang gelombang antara 4000 hingga 400 cm⁻¹ untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus flavonoid, dan menganalisis campuran yang terkandung dalam ekstrak etanol ampas tahu.

2.3.4 Pembuatan Media Korosi

Untuk pembuatan media korosi menggunakan larutan H₂SO₄ 98% diencerkan ke 0,5 M. Disiapkan material baja ringan, kemudian ditimbang berat baja ringan sebelum dilakukan percobaan. Diukur baja ringan sebesar P = 5 cm dan L = 2 cm, kemudian dibersihkan dari kotoran menggunakan etanol dan dikeringkan. Selanjutnya baja ringan tersebut direndam ke dalam larutan media korosi dengan variasi perendaman 1 dan 2% . Perlakuan tanpa inhibitor ditambahkan H₂SO₄ 0,5 M sebanyak 150 mL, sedangkan untuk perlakuan dengan penambahan inhibitor H₂SO₄ sebanyak 150 mL ditambahkan ekstrak ampas tahu 1 dan 2% (duplo). Baja ringan yang sudah direndam kemudian didiamkan selama tiga hari. Setelah direndam lalu baja ringan dibersihkan dengan etanol dan keringkan dengan cara diangin-anginkan, kemudian baja ringan ditimbang untuk mengetahui berat akhir, sehingga dapat dihitung laju korosinya.

$$CR = \frac{W \times K}{D \times A \times t} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

CR : *Corrosion Rate*/Laju Korosi

W : massa hilang

K : konstanta

D : densitas logam

A : luas permukaan

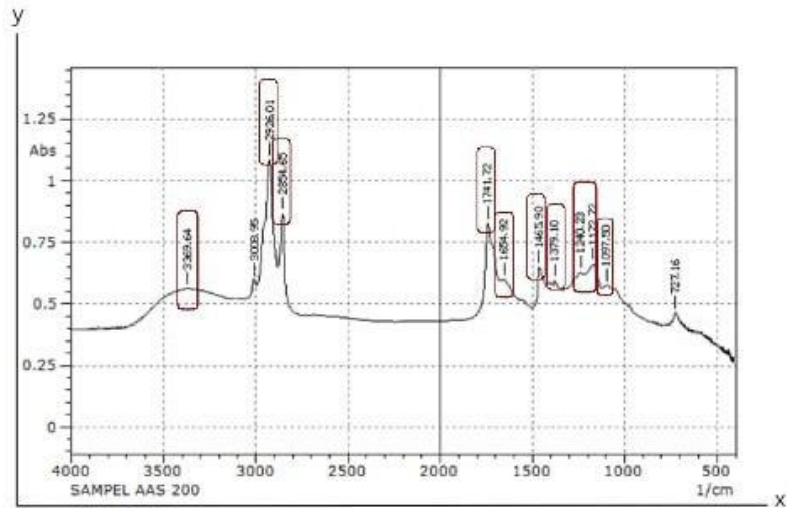
t : waktu

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis FTIR Adsorben Limbah Ampas Tahu

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan inhibitor korosi dari limbah ampas tahu dengan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dilakukan menggunakan etanol 96% dengan perbandingan 1:4. Proses ekstraksi diawali dengan pengeringan limbah ampas tahu dalam oven pada suhu 60°C selama dua jam. Massa awal ampas tahu sebesar 1 kg mengalami penyusutan hingga menjadi 50 g setelah dikeringkan, yang menunjukkan bahwa kadar airnya berkurang hingga mencapai 0,98% setelah proses pengeringan selama dua jam. Hasil ampas tahu yang dikeringkan kemudian di ekstraksi dengan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan daya 150 W selama 5 menit diperoleh ekstrak dengan berat 46,96 g dari bobot sampel sebesar 50 g menggunakan volume pelarut sebanyak 200 mL. Nilai rendemen ekstrak limbah ampas tahu menggunakan metode MAE adalah 93,92%, menunjukkan bahwa proses ekstraksi berlangsung dengan efisien dan menghasilkan ekstrak dalam jumlah yang tinggi (Hasnaeni & Wisdawati, 2019). Nilai rendemen yang tinggi dikarenakan banyak senyawa aktif berhasil diekstrak dari bahan baku, karena semakin tinggi rendemen, semakin banyak massa ekstrak yang diperoleh dari jumlah bahan awal, waktu ekstraksi optimal, suhu optimal, pelarut yang efektif, yang semuanya meningkatkan kontak dan pelarutan senyawa (Pawarti et al., 2023).

Ekstrak ampas tahu dilakukan uji FT-IR untuk menentukan gugus fungsi yang berada di dalam sampel ekstrak ampas tahu. Hasil FTIR dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Spektrum FTIR dari sampel Ampas Tahu

Analisis gugus fungsi digunakan untuk mengidentifikasi kelompok fungsional utama yang terdapat dalam limbah ampas tahu. Pada penelitian ini FTIR yang digunakan pada penelitian ini menggunakan spektrum mid-IR, yakni spektrum yang bekerja pada bilangan gelombang antara 4000-625 cm^{-1} . Spektrum mid-IR umumnya dibagi menjadi empat bagian yaitu bagian ikatan tunggal pada panjang gelombang 2500-4000 cm^{-1} , bagian ikatan rangkap tiga pada panjang gelombang 2000-2500 cm^{-1} , Ikatan rangkap dua pada panjang gelombang 1500-2000 cm^{-1} dan terakhir bagian sidik jari pada panjang gelombang 600-1500 cm^{-1} . Hasil analisis spektrum IR dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1: Hasil Analisis Spektrum FTIR Adsorben Limbah Ampas Tahu

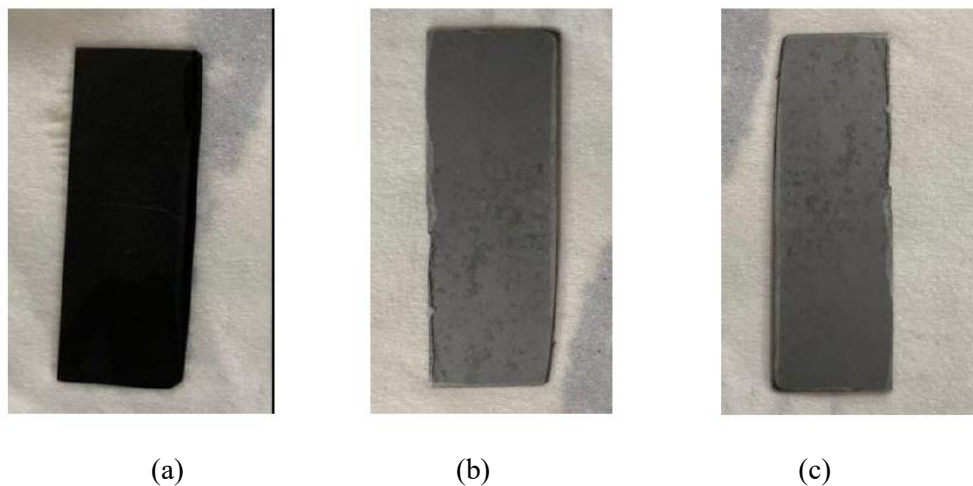
No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Intensitas	Bentuk Pita	Dugaan	Gugus Terbaca
1.	727	Rendah	Tajam	C-H	Aromatik
2.	1097	Sedang	Tajam	R-O-H	Hidroksil
3.	1172	Sedang	Tajam	C-O-H	Siklo Heksana
4.	1240	Sedang	Tajam	C-H	Cincin Fenol
5.	1379	Sedang	Tajam	C-O	Karboksilat
6.	1465	Sedang	Tajam	C=O	Cincin Aromatik
7.	1654	Sedang	Tajam	C=O	Cincin Aromatik
8.	1741	Tinggi	Tajam	C=O	Karbonil
9.	3369	Sedang	Lebar	OH	Hidroksil

Spektrum FTIR adsorben limbah ampas tahu menunjukkan beberapa pola serapan yang khas, antara lain serapan pada daerah sekitar 3369 cm^{-1} yang merupakan indikasi adanya gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dengan intensitas sedang, diduga berasal dari senyawa turunan flavonoid seperti flavon, isoflavon, dan kalkon terhidroksilasi (Hikmawanti et al., 2024).

Selain itu, keberadaan gugus karbonil ($C=O$) dari flavonoid teramati pada bilangan gelombang sekitar 1741 cm^{-1} , yang diperkuat oleh serapan tajam dan berintensitas tinggi pada 1654 cm^{-1} dan 1465 cm^{-1} yang mengindikasikan keberadaan ikatan rangkap ($C=C$) dalam cincin aromatik. Kehadiran senyawa flavonoid dalam limbah ampas tahu disebabkan oleh asal bahan bakunya, yaitu biji kacang kedelai, meskipun kandungannya relatif rendah akibat proses pengolahan yang telah dilalui (MD et al., 2019). Hasil spektrum ini juga mendukung hasil uji skrining fitokimia yang menunjukkan hasil positif terhadap keberadaan flavonoid. Selain gugus yang berkaitan dengan flavonoid, serapan dari vibrasi peregangan $C-H$ (*stretching*) terlihat jelas pada daerah sekitar 2854 cm^{-1} , yang mengindikasikan adanya ikatan $C-H$ alifatik. Sementara itu, serapan pada bilangan gelombang sekitar 1379 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk dari gugus karboksilat. Munculnya gugus karboksilat ini umumnya berasal dari asam asetat yang digunakan dalam proses penggumpalan protein saat pembuatan tahu (Hartati et al., 2024).

3.2. Uji Laju Korosi

Uji Laju korosi dilakukan dengan merendam baja ringan dengan panjang 5 cm dan lebar 2 cm pada media korosif. Pembuatan media korosif dari 27,17 mL larutan H_2SO_4 98% diencerkan dalam labu ukur 1000 mL untuk pembuatan larutan H_2SO_4 0,5 M. Selanjutnya baja ringan direndam dengan penambahan inhibitor dan tanpa inhibitor selama 3 hari atau 72 jam. Ampas tahu mengandung berbagai senyawa seperti isoflavon, protein, asam amino, senyawa fenolik, serat, polisakarida, dan mineral yang berperan dalam menghambat proses korosi dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam (Yulianti et al., 2023). Pada media korosi tanpa inhibitor, terjadi perubahan warna larutan dari bening menjadi merah bata dan baja dari putih menjadi hitam akibat terbentuknya produk korosi. Sebaliknya, pada media dengan penambahan ekstrak ampas tahu 1 dan 2% tidak terjadi perubahan warna baik pada larutan maupun baja. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan flavonoid dalam ampas tahu mampu membentuk lapisan tipis yang efektif menghambat laju korosi (Elfidiyah et al., 2025). Perbandingan baja yang direndam dalam media korosi tanpa penambahan inhibitor dan dengan penambahan inhibitor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan baja tanpa inhibitor (a), menggunakan inhibitor ampas tahu 1% (b), menggunakan inhibitor ampas tahu 2% (c)

Pada baja tanpa penambahan inhibitor Fe mengalami reaksi oksidasi saat bereaksi dengan asam sulfat (H_2SO_4) tanpa adanya inhibitor, membentuk senyawa $FeSO_4$ (yang menyebabkan karat). Pada reaksi anoda, Fe melepaskan dua elektron dan berubah menjadi ion Fe^{2+} . Sedangkan pada reaksi katoda, molekul air (H_2O) menerima dua elektron dan menghasilkan gas hidrogen (H_2) serta ion hidroksida (OH^-). reaksi yang terbentuk adalah $Fe(s) + 2H_2O(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g) + 2OH^-$. Proses ini menunjukkan bahwa besi mengalami oksidasi menjadi ion Fe^{2+} dengan melepaskan dua elektron, yang merupakan tahap awal terbentuknya karat pada permukaan besi (Mahardika et al., 2024). Sedangkan pada baja dengan menggunakan penambahan inhibitor, baja (Fe) melepaskan elektron dan bereaksi dengan ion H^+ dari H_2SO_4 , membentuk H_2 dan ion Fe yang dapat teroksidasi menjadi Fe^{3+} . Ion ini kemudian bereaksi dengan SO_4^{2-} membentuk $Fe_2(SO_4)_3$ yang larut dan memperlambat korosi (Mahardika & Pratiwi, 2025). Flavonoid dan senyawa fenolik mendonorkan elektron, berinteraksi dengan permukaan Fe dan kemudian membentuk lapisan adsorpsi sebagai lapisan pelindung. Adsorpsi inhibitor ini yang menurunkan laju pelarutan Fe dalam media korosi (Rochmat et al., 2019).

Pengaruh penambahan inhibitor pada media korosi dapat dihitung laju korosi serta efisiensi laju korosinya yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Hasil Uji *Weight Loss* dan Laju Korosi Baja

Media Korosi	Massa Awal Baja (g)	Massa Akhir Baja (g)	Luas Permukaan (cm ²)	Waktu perendaman (jam)	Kehilangan massa baja (g)	Laju korosi baja (mpy)	Efisiensi (%)
H ₂ SO ₄ 0,5 M	5,03	3,75	10	72	1,28	19,81	0
H ₂ SO ₄ 0,5 M + ampas tahu 1%	5,13	4,99	10	72	0,14	2,1	89,3
	5,24	5,10	10	72	0,14	2,1	89,3
H ₂ SO ₄ 0,5 M + ampas tahu 2%	4,75	4,62	10	72	0,12	1,8	90,9
	4,54	4,10	10	72	0,12	1,8	90,9

Tabel 2 menunjukkan nilai laju korosi dan efisiensi yang telah dihitung. Dari Tabel 2 menunjukkan hasil laju korosi yang terkecil yaitu 1,8 mpy dan efisiensi inhibitor yang terbesar yaitu 90,9% yang telah direndam selama 3 hari atau 72 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman, maka efektivitas inhibitor semakin meningkat. Hal ini karena inhibitor mampu melapisi baja sebagai pelindung dari lingkungannya dan dapat mengurangi laju korosi (Dian et al., 2025). Laju korosi yang rendah mengindikasikan kemampuan inhibitor dalam melindungi permukaan logam dengan cara menghambat reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi di permukaan logam. Semakin banyak kandungan senyawa flavonoid yang tersedia, maka semakin efektif pula perlindungan yang diberikan terhadap logam, sehingga laju korosi dapat ditekan secara signifikan (Devianto et al., 2023).

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ekstrak limbah ampas tahu dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi penghambat laju reaksi. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak sampel ampas tahu yang digunakan semakin rendah nilai laju korosi, dimana hasil uji laju korosi dan efisiensi inhibitor diketahui bahwa sampel baja dengan penambahan ampas tahu 1% menunjukkan laju korosi 2,1 mpy dengan efesiensi inhibitor mencapai 89,3 %. Sementara itu, tingkat efisiensi tertinggi ditemukan pada sampel baja dengan konsentrasi ampas tahu 2%, yang memiliki laju korosi sebesar 1,8 mpy dan efektivitas inhibitor sebesar 90,9%.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan ekstraksi dengan variasi waktu perendaman hingga 5 hari atau 120 jam dan variasi temperatur media korosi hingga 60°C.

5. DAFTAR PUSTAKA

Akbar, Y. A., Ishak, I., Zulnazri, Z., Dewi, R., & Nurlaila, R. (2021). Pemanfaatan Ekstrak Daun Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Sebagai Inhibitor Korosi Pada Plat Besi (STEEL) Dalam Media Air Laut. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1(3), 94–102. <https://doi.org/10.29103/cejs.v1i3.5702>

Banožić, M., Banjari, I., Flanjak, I., Paštar, M., Vladić, J., & Jokić, S. (2021). Optimization of MAE for The Separation Of Nicotine and Phenolics From Tobacco Waste by Using The Response Surface Methodology Approach. *Molecules*, 26(14), 4363. <https://doi.org/10.3390/molecules26144363>

Devianto, H., Nurdin, I., Widiatmoko, P., Silvia, D., & Prakarsa, C. (2023). Tobacco Extract for Inhibition of Carbon Steel Corrosion in H2S-contained NaCl Solution. *International Journal of Technology*, 14(5), 1167–1176. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i5.5272>

Dian, H., Nurlaila, R. N. R., & Azhari, A. (2025). Pemanfaatan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*) sebagai Inhibitor Korosi pada Plat Baja ST 37 dalam Media Air Laut. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 5(05), 961–971. <https://doi.org/10.29103/cejs.v5i05.23544>

Elfidiyah, E., Martini, S., & Kalsum, U. (2025). Tanin Dari Kulit Buah Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Sebagai Inhibitor Organisme untuk Mereduksi Laju Korosi Baja Karbon. *Jurnal Inovator*, 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.37338/inovator.v8i1.460>

Fitasari, E., & Santosa, B. (2020). Karakteristik Tepung Ampas Tahu yang Difermentasi dengan *Lactobacillus plantarum* terhadap kandungan Daidzein, Glycitein, dan Genistein. *Buana Sains*, 20(1), 49–56. <https://doi.org/10.33366/bs.v20i1.1931>

Hartati, Rubianti, I., & Nehru. (2024). Pengaruh Pemberian Kosentrasi Asam Cuka Yang Berbeda Terhadap Kuliatas

- Hasil Tahu Kedelai. *JUSTER: Jurnal Sains Dan Terapan*, 3(2), 32–37.
- Hasnaeni, H., & Wisdawati, W. (2019). Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Rendemen Dan Kadar Fenolik Ekstrak Tanaman Kayu Beta-Beta (Lunasia Amara Blanco):(the Effect of Extraction Method on Yield Value and Phenolic Content of Beta-Beta (Lunasia Amara Blanco) Bark Extract. *Jurnal Farmasi Galenika*, 5(2), 295841. <https://doi.org/10.22487/j24428744.0.v0.i0.13599>
- Hikmawanti, N. P. E., Hanani, E., & Mardiyanti, R. (2024). Analisis Flavonoid pada Fraksi Hasil Hidrolisat Ekstrak Daun Cordia sebestena L. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 11(1), 35–44. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v11i1.38849>
- Mahardika, M., & Pratiwi, D. A. (2025). Utilization of Non-Filter Cigarette Butt Extract as a Natural Inhibitor of Carbon Steel Using Extraction and Microwave-Assisted Extraction Methods. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 6(2), 514–519. <https://doi.org/0.51673/jips.v6i2.2644>
- Maysura, M. D., Rangkuti, K., & Fuadi, M. (2019). Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu dalam Upaya Diversifikasi Pangan. *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 2(2), 52–54.
- Pawarti, N., Iqbal, M., Ramdini, D. A., & Yuliyanda, C. (2023). Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Persen Rendemen dan Kadar Fenolik Ekstrak Tanaman yang Berfungsi sebagai Antioksidan. *Medical Profession Journal of Lampung*, 13(4), 590–593. <https://doi.org/10.53089/medula.v13i4.774>
- Rochmat, A., Liantony, G., & Septiananda, Y. D. (2019). Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang Sebagai Inhibisi Korosi Pada Baja Mild Steel Dalam Pipeline. *Jurnal Integrasi Proses*, 8(1), 45–50. <https://doi.org/10.36055/jip.v8i1.5601>
- Saputra, A., Hakim, A. R., Hamdani, M. Z., Alamsyah, A., & Amalia, Y. (2022). Natrium Silikat Sebagai Inhibitor Korosi Pada Pipa Penyalur Minyak Bumi Jenis Carbon Steel. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(2), 115–120. <https://doi.org/10.30596/rmme.v5i2.10559>
- Siregar, W., & Hasanah, U. (2023). Pemanfaatan Flavonoid Dari Hasil Esktrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi Pada Pembelajaran Korosi. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(1), 111–117. <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.7675>
- Sitepu, H. S., Priyotomo, G., & Dwiyaniti, Y. (2021). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Talas Terhadap Laju Korosi Pada Baja Api 51 X-52 Dengan Media Korosif H₂SO₄ 0, 5 M. *FURNACE: JURNAL METALURGI DAN MATERIAL*, 4(1), 1 – 7. <https://doi.org/10.62870/jf.v4i1.12052.g7610>
- Tampubolon, M., Gultom, R. G., Siagian, L., Lumbangaol, P., & Manurung, C. (2020). Laju Korosi Pada Baja Karbon Sedang Akibat Proses Pencelupan Pada Larutan Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Asam Klorida (HCl) dengan Waktu Bervariasi. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 13–21.
- Yulianti, I. M., Baun, J. Y., & Pranata, F. S. (2023). Kemampuan Ampas Tahu dalam Proses Koagulasi Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Pabrik Penyamakan Kulit. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 228–237. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.228-237>