

PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*PSIDIUM GUAJAVA*) TERHADAP LAJU KOROSI MATERIAL TEMBAGA PADA INTI RADIATOR MOBIL

M. Ali Muhlisin

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: mali.20007@mhs.unesa.ac.id

Bellina Yunitasari

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: bellinayunitasari@unesa.ac.id

Abstrak

Dalam era modern ini, penggunaan logam tembaga semakin meluas, salah satunya pada radiator. Di perusahaan seperti PT. Jakarta Teknologi Utama dan industri reparasi radiator, salah satu penyebab mesin mengalami overheating adalah penumpukan kerak dan korosi pada permukaan dalam sistem radiator pendinginan, yang menghambat sirkulasi air pendingin. Oleh karena itu, masalah utama yang dihadapi oleh radiator adalah menemukan cara pengendalian korosi yang efektif dan efisien untuk melindunginya. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Dalam penelitian ini, sampel tembaga diambil dari inti radiator dan inhibitor korosi dibuat dari ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) menggunakan metode maserasi. Kemudian, uji korosi dilakukan dengan menggunakan metode penurunan berat (*Weight Loss*), di mana sampel ditimbang untuk mengetahui berat awalnya, lalu direndam selama 7 hari dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun jambu biji sebesar 0% dan 10% dalam medium korosif air sumur. Data hasil eksperimen dianalisis menggunakan metode one-way ANOVA dan uji-t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak dan durasi perendaman memiliki pengaruh signifikan terhadap laju korosi dan efisiensi ekstrak daun jambu biji pada material tembaga inti radiator mobil. Laju korosi tertinggi terjadi pada spesimen tanpa penambahan ekstrak daun jambu biji (konsentrasi 0%) setelah 7 hari perendaman, yaitu sebesar 0,024 mm/y. Sebaliknya, laju korosi terendah sebesar 0,006 mm/y dan efisiensi inhibisi tertinggi sebesar 72% diperoleh dari penambahan ekstrak daun jambu biji dengan konsentrasi 10%.

Kata Kunci: Inti Radiator Tembaga, Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*), Korosi, *Weight Loss*.

Abstract

*In this modern era, the use of copper metal is increasingly widespread, one of which is in radiators. In companies like PT. Jakarta Teknologi Utama and the radiator repair industry, one of the causes of engine overheating is the buildup of scale and corrosion on the inner surface of the radiator cooling system, which inhibits the circulation of cooling water. Therefore, the main problem faced by radiators is to find effective and efficient corrosion control methods to protect them. This research is experimental research. In this research, copper samples were taken from the radiator core and corrosion inhibitors were made from guava leaf extract (*Psidium guajava*) using the maceration method. Then, the corrosion test was carried out using the weight loss method, where the sample was weighed to determine its initial weight, then soaked for 7 days with varying concentrations of guava leaf extract inhibitors of 0% and 10% in the corrosive medium of well water. Experimental data were analyzed using one-way ANOVA and t-test methods. The results showed that variations in extract concentration and soaking duration had a significant influence on the corrosion rate and efficiency of guava leaf extract on car radiator core copper material. The highest corrosion rate occurred in specimens without the addition of guava leaf extract (0% concentration) after 7 days of soaking, namely 0.024 mm/y. On the other hand, the lowest corrosion rate of 0.006 mm/y and the highest inhibition efficiency of 72% were obtained from the addition of guava leaf extract at a concentration of 10%.*

Keywords: Copper Radiator Core, Guava Leaf Extract (*Psidium Guajava*), Corrosion, *Weight Loss*

PENDAHULUAN

Dalam era modern ini, penggunaan logam tembaga semakin meluas untuk memenuhi kebutuhan industri otomotif, salah satunya pada radiator. Radiator berfungsi sebagai sistem pendingin pada mesin kendaraan, bertugas memindahkan panas dari satu medium ke medium lainnya untuk menjaga suhu kerja mesin tetap stabil. Lingkungan dengan suhu tinggi dapat signifikan memengaruhi kinerja sistem pendingin mesin. Meskipun gangguan kecil pada sistem pendingin dapat menyebabkan overheating pada

mesin.

Radiator terdiri dari beberapa komponen penting seperti inti radiator, tanki atas, dan tanki bawah. Inti radiator berperan krusial sebagai penyerap dan pelepas panas. Strukturnya terdiri dari susunan pipa yang dilapisi oleh plat tipis untuk meningkatkan efisiensi pendinginan. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh radiator adalah korosi. Korosi merupakan proses degradasi logam akibat reaksi kimia dengan zat-zat lingkungan, yang membentuk senyawa tidak diinginkan. Meskipun korosi terjadi secara lambat, jika tidak ditangani dengan baik,

dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada permukaan material dan berpotensi menimbulkan kerugian yang besar.

Produsen mobil telah mengadopsi strategi pengendalian korosi pada sistem pendingin dengan menambahkan lapisan anti korosi pada komponen-komponen radiator. Selain itu, mereka menyediakan cairan pendingin (*coolant*) yang sudah terintegrasi dengan zat anti korosi. Meskipun demikian, masyarakat sering kali menggunakan air sumur sebagai pengganti cairan pendingin radiator. Penggunaan air sumur ini bisa sangat berisiko karena tidak mengandung zat anti korosi atau inhibitor yang diperlukan untuk melindungi sistem pendingin dari korosi.

Inhibitor yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*), serta menggunakan bahan alami dari alam, sangat penting mengingat regulasi lingkungan di berbagai negara yang menuntut keamanan dan keramahan lingkungan dari inhibitor korosi. Daun jambu biji (*Psidium guajava*) mengandung tanin yang dapat efektif menghambat laju korosi, sehingga penggunaannya sebagai inhibitor organik merupakan solusi yang baik. Keberadaan melimpah dan ketersediaan pohon jambu biji di daerah tropis Indonesia menjadikannya pilihan yang tepat untuk dimanfaatkan secara luas. Selain itu, pohon jambu biji juga tumbuh dengan baik dan mudah berkembang, sehingga pemanfaatan daun jambu biji sebagai inhibitor alami tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga ekonomis yang signifikan.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk mengembangkan penelitian dengan judul "Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava*) Terhadap Laju Korosi Material Tembaga pada Inti Radiator Mobil". Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi daun jambu biji sebagai inhibitor organik dalam sistem pendingin radiator mobil, khususnya pada material tembaga, dengan menggunakan metode penurunan berat (*weight loss*). Tujuannya adalah untuk menghasilkan inhibitor organik yang efektif dan dapat diterapkan dalam industri otomotif sebagai acuan untuk pengembangan zat organik anti korosi pada sistem pendingin radiator mobil.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode eksperimen. Penelitian difokuskan pada pengaruh parameter inhibitor organik korosi dari ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*), dengan variasi konsentrasi inhibitor 0% dan 10%, serta waktu perendaman selama 7 hari. Tujuan utama penelitian ini adalah mencari kondisi optimal untuk menghambat laju korosi pada inti radiator yang terbuat dari logam tembaga.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai 16 April 2024 sampai 27 Mei 2024. Tempat penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya dan Laboratorium Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya.

Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah inti radiator yang terbuat dari logam tembaga, serta ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) yang akan digunakan sebagai inhibitor korosi.

Proses Pembuatan Inhibitor

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan inhibitor dari ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*):

1. Siapkan 6 kg daun jambu biji (*Psidium guajava*).
2. Cuci bersih daun jambu biji dengan air mengalir.
3. Potong daun menjadi potongan-potongan sekitar 1 cm.
4. Keringkan potongan daun jambu biji secara alami untuk mengurangi kadar air.
5. Gunakan blender untuk menghaluskan potongan daun menjadi serbuk halus.
6. Saring serbuk daun jambu biji untuk mendapatkan ukuran serbuk yang seragam.
7. Timbang 100 gram serbuk daun jambu biji dan ekstraksikan dengan menggunakan metode maserasi dalam perbandingan 1:10 dengan ethanol 96%, yaitu 1000 ml.
8. Campurkan larutan dan biarkan dalam wadah tertutup selama 48 jam, lalu saring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dari residu.
9. Uapkan larutan hasil maserasi dengan menggunakan rotary evaporator pada suhu 70°C dan putaran 200 rpm untuk menghilangkan sisa air dan mendapatkan ekstrak pekat.
10. Ulangi proses dari langkah 7 hingga 9 untuk mendapatkan ekstrak pekat sesuai kebutuhan.
11. Lakukan uji fitokimia terhadap senyawa tanin untuk menentukan kandungannya dengan memperhatikan perubahan warna larutan.
12. Persiapkan variasi konsentrasi ekstrak daun jambu biji sebesar 0% dan 10% .

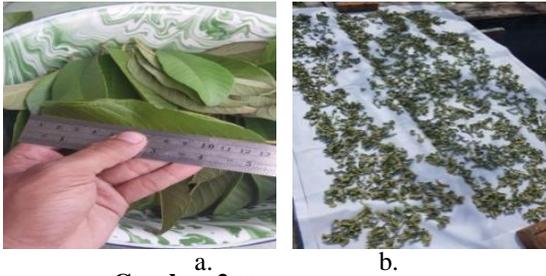
Pembuatan Spesimen Uji

1. Persiapkan spesimen uji dari pipa inti radiator berbahan tembaga.
2. Potong pipa radiator menjadi potongan dengan ketebalan 2 mm, panjang 6 cm, dan lebar 1,5 cm, dengan total 27 spesimen.
3. Bersihkan spesimen pipa inti radiator yang telah dipotong menggunakan sabun Sunlight untuk menghilangkan kotoran dan mencegah adanya sisa minyak.
4. Keringkan spesimen hingga benar-benar kering sebelum digunakan untuk uji selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

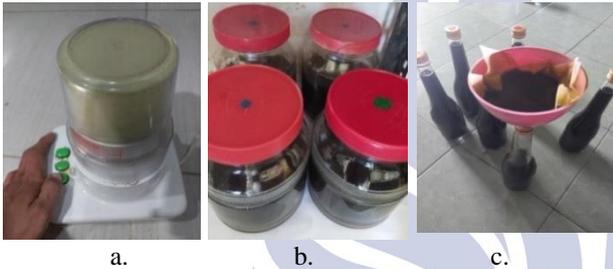
Pembuatan Ekstrak Daun Jambu Biji

Menyiapkan daun jambu biji (*Psidium guajava*) segar dengan spesifikasi panjang 10-16 cm dan lebar 4-6 cm sebanyak 6 kg. Kemudian, cucilah daun jambu biji menggunakan air mengalir, dan potonglah daun menjadi potongan-potongan sekitar 1 cm untuk mempercepat proses pengeringan selanjutnya.



Gambar 2. Proses pengeringan: (a). Pengukuran dan (b) Pengeringan

Setelah hasil ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) dikeringkan, serbuk tersebut dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi bubuk halus. Selanjutnya, serbuk dimaserasi dengan merendam 100 gram serbuk daun dalam 1000 mL ethanol 96% dalam sebuah toples kaca. Proses ini dilakukan selama dua hari untuk menghasilkan larutan ekstrak yang berwarna hijau kehitaman..



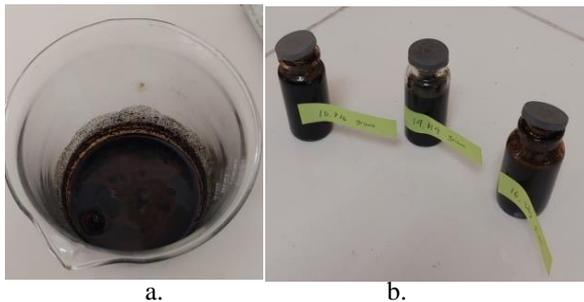
Gambar 3. Proses maserasi serbuk daun jambu biji: (a). Penghalusan, (b) Maserasi dan (c) Penyaringan hasil maserasi

Pemisahan Ekstrak Dari Pelarut Ethanol



Gambar 4. Proses Rotary Evaporator

Sebanyak 2 liter larutan hasil maserasi dimasukkan ke dalam wadah labu ukur. Kemudian, alat rotary evaporator dihidupkan dan suhu diatur pada 70°C dengan putaran 200 rpm. Proses ini dilakukan untuk menguapkan sisa kandungan air dari larutan dan menghasilkan ekstrak pekat dari ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*).



Gambar 5. Ekstrak daun jambu biji setelah proses Evaporator: (a). Ekstrak pekat hasil Evaporator dan (b) Penimbangan massa ekstrak

Ekstrak pekat hasil maserasi ditimbang untuk untuk mengetahui berat massa keseluruhan dari hasil evaporator dan dihasilkan massa ekstrak pekat sebanyak 47,219 gram.

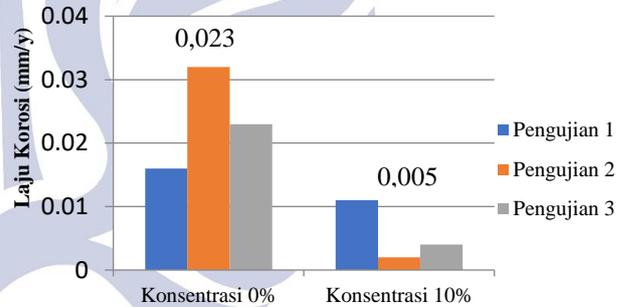
Hasil Pengujian Perendaman (Weight Loss)

Pengujian laju korosi dilakukan pada sampel pipa tembaga radiator mobil dengan lingkungan medium korosif air sumur dengan pH 6,95. Pengujian dilakukan menggunakan 500 mL air sumur tanpa penambahan inhibitor (konsentrasi 0%) serta dengan penambahan inhibitor dalam variasi konsentrasi 10%. Seluruh sampel direndam selama 7 hari untuk mengevaluasi pengaruh inhibitor terhadap laju korosi pada pipa tembaga tersebut.

Tabel 1. Nilai laju korosi waktu perendaman 7 hari

Konsentrasi Inhibitor (% m/v)	Kode Spesimen	Data perhitungan kehilangan berat (gram)			Nilai laju korosi (mm/y)
		W1	W2	ΔW	
0	0-SP-1-7	2,000	1,989	0,011	0,016
	0-SP-2-7	1,996	1,974	0,022	0,032
	0-SP-3-7	1,938	1,922	0,016	0,023
10	10-SP-1-7	2,009	2,001	0,008	0,011
	10-SP-2-7	1,854	1,852	0,002	0,002
	10-SP-3-7	1,995	1,992	0,003	0,004

Langkah selanjutnya ialah pengolahan data serta disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat mempermudah dalam penganalisan data.



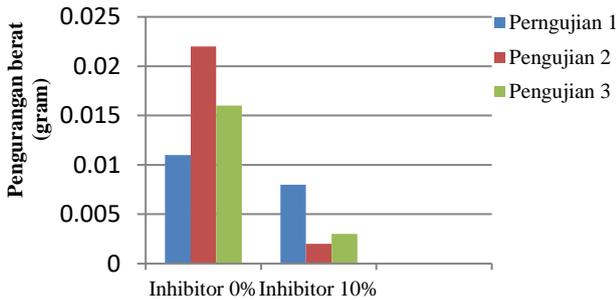
Gambar 6. Grafik laju korosi waktu perendaman 7 hari

Grafik menunjukkan bahwa pada uji rendam selama 7 hari, laju korosi tertinggi terjadi pada spesimen tanpa penambahan inhibitor (konsentrasi 0%), yakni sebesar 0,024 mm/y. Sementara itu, laju korosi terendah tercatat pada penambahan inhibitor 10%, dengan nilai sebesar 0,006 mm/y. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) dalam konsentrasi 10% efektif dalam mengurangi laju korosi pada pipa tembaga radiator mobil dalam kondisi pengujian yang sama.

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa spesimen uji tanpa penambahan ekstrak daun jambu biji memiliki nilai laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang ditambahkan inhibitor. Dengan penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji, terjadi penurunan nilai laju korosi. Berdasarkan grafik yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi inhibitor ekstrak daun jambu biji memengaruhi nilai laju korosi, dan konsentrasi yang paling efektif dalam menurunkan nilai laju korosi adalah 10% pada waktu perendaman selama 7 hari.

• Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Pengurangan Berat Spesimen

Kehilangan berat spesimen seiring berjalannya uji perendaman ditunjukkan oleh gambar 10

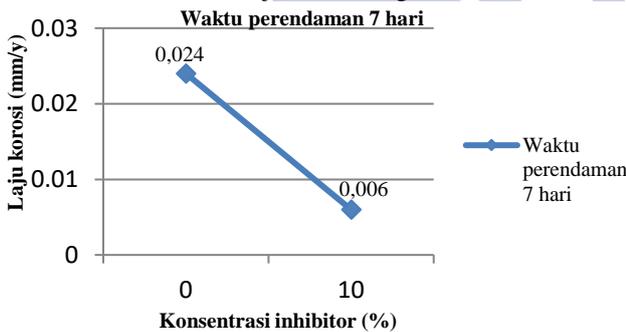


Gambar 7. Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap pengurangan berat spesimen

Seperti yang terlihat dari grafik di atas, terdapat peningkatan *weight loss* pada spesimen tertentu. Spesimen yang direndam dengan penambahan inhibitor masih berada di bawah garis kurva *weight loss* spesimen yang tidak ditambahkan ekstrak daun jambu biji, seperti yang terlihat pada gambar 7. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan baja telah terlindungi oleh lapisan dari inhibitor.

• Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Laju Korosi

Laju korosi dari spesimen tembaga radiator dalam medium korosif air sumuran 500 mL akibat dari konsentrasi ekstrak ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8. Grafik pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap laju korosi

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa penurunan yang terjadi signifikan. Penurunan ini disebabkan oleh adanya senyawa tanin yang terkandung dalam ekstrak daun jambu biji, yang membentuk kompleks Fe-tanin pada permukaan spesimen dan membentuk lapisan tipis. Hal ini terjadi karena adsorpsi jumlah dan area larutan ekstrak meningkat dengan penambahan konsentrasi inhibitor. Pada grafik tersebut, terlihat perbedaan yang jelas antara spesimen tanpa penambahan konsentrasi inhibitor, yang menunjukkan laju korosi yang lebih tinggi pada perlakuan waktu perendaman 7 hari, dibandingkan dengan spesimen yang ditambahkan inhibitor.

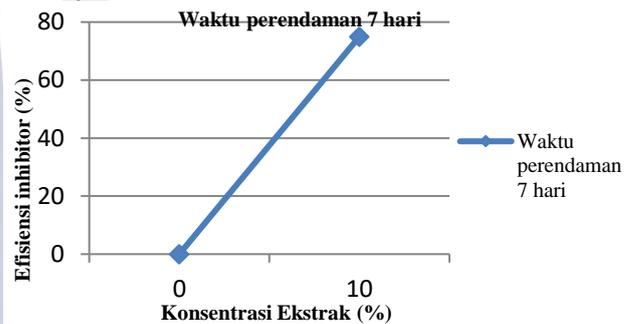
• Efisiensi Inhibitor

Perhitungan nilai efisiensi digunakan untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun jambu biji dalam menurunkan laju korosi pada pipa tembaga. Data untuk menghitung efisiensi ekstraksi ditunjukkan pada Tabel 3..

Tabel 3. Nilai efisiensi inhibitor ekstrak daun jambu biji

Variasi Konsentrasi Inhibitor (% m/v)	Waktu Perendaman (Hari)	Efisiensi Inhibitor (%)
0	7	0
10		75

Gambar ini juga menunjukkan grafik yang menggambarkan pengaruh variasi konsentrasi inhibitor dalam ekstrak daun jambu biji terhadap efektivitas dan waktu perendaman ekstrak:



Gambar 9. Grafik pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak terhadap nilai efisiensi

Berdasarkan Gambar 9 di atas diketahui bahwa nilai efisiensi inhibitor berbeda-beda tergantung konsentrasi inhibitor ekstraksi. Dari grafik diatas terlihat nilai efisiensi inhibitor sebesar 10% mempunyai nilai sebesar 72%. Ekstrak daun jambu biji menekan laju korosi melalui adsorpsi sehingga membentuk lapisan tipis yang melindungi sampel dari proses korosi. Pada penelitian ini konsentrasi larutan inhibitor terbaik diperoleh ketika konsentrasi inhibitor ditingkatkan menjadi 10%.

Pembahasan

• Uji Persyaratan Analisa Data Nilai Laju Korosi

a. Uji Hipotesis Mayor

Hipotesis dapat diterima jika nilai signifikansi (sig) kurang dari 0,05. Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari ekstrak daun Jambu Biji (*Psidium guajava*) terhadap laju korosi material tembaga pada inti radiator mobil, dengan variasi konsentrasi 0% dan 10%, serta variasi waktu perendaman selama 7 hari.

Tabel 8. Hasil uji hipotesis mayor laju korosi waktu perendaman 7 hari

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.000	1	.000	11.215	.029 ^a
	Residual	.000	4	.000		
	Total	.001	5			

Berdasarkan uji ANOVA, diperoleh nilai F sebesar 11,215 dengan nilai signifikansi sebesar 0,029. Dengan demikian, karena nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima.

b. Uji Hipotesis Minor

Dalam uji hipotesis menggunakan metode *Independent Sample T Test*, hipotesis dapat diterima jika nilai signifikansi (sig.) kurang dari 0,05. Uji ini digunakan untuk mengetahui perbedaan antara variasi tanpa penambahan inhibitor dengan variasi dengan penambahan inhibitor dalam pengaruhnya terhadap variabel yang diukur, seperti laju korosi dalam penelitian ini.

Tabel 10. Hasil uji hipotesis minor uji laju korosi

No	Waktu perendaman (hari)	Variasi konsentrasi inhibitor	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket.
1.	7	0%	0,02367	0,008021	3,349	0,029	Ho ditolak, Ha diterima
		10%	0,00567	0,004726	3,349		

Dari hasil analisis uji-t, dengan nilai t hitung sebesar 3,349 dan nilai signifikansi (sig) sebesar 0,029, dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Artinya, terdapat pengaruh yang signifikan dari penambahan inhibitor ekstrak daun Jambu Biji (*Psidium guajava*) terhadap laju korosi material tembaga pada inti radiator mobil dengan variasi konsentrasi 0% dan 10% serta waktu perendaman 7 hari.

Secara khusus, nilai laju korosi pada variasi konsentrasi tanpa penambahan inhibitor lebih tinggi dibandingkan dengan variasi konsentrasi yang ditambahkan inhibitor, menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun Jambu Biji efektif dalam mengurangi laju korosi pada pipa tembaga inti radiator mobil.

Hasil Analisa

Pengujian weight loss bertujuan untuk mengukur laju korosi dengan metode pengurangan berat. Dalam implementasinya, spesimen direndam dalam medium korosif dengan dan tanpa penambahan larutan ekstrak sebagai penghambat korosi, kemudian dianalisis dan dihitung hasilnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) mengandung senyawa tannin yang efektif menghambat laju korosi pada spesimen tembaga. Nilai laju korosi spesimen tembaga setelah waktu perendaman 7 hari dengan konsentrasi inhibitor ekstrak 0% dan 10% adalah 0,024 mm/y dan 0,006 mm/y berturut-turut.

Pada perhitungan nilai efisiensi inhibitor ekstrak daun jambu biji pada spesimen tembaga, didapatkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun jambu biji bekerja paling efektif pada konsentrasi 10%. Hal ini terlihat dari kemampuan ekstrak daun jambu biji dalam membentuk lapisan tipis pada permukaan spesimen tembaga, yang mampu menghambat laju korosi dengan efektif.

PENUTUP

Kesimpulan

Seperti yang terlihat dari hasil penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai pengaruh ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) terhadap laju korosi material tembaga pada inti radiator mobil:

Ekstrak daun jambu biji efektif dalam menghambat proses korosi pada material tembaga inti radiator mobil, seperti yang terlihat dari pengujian kehilangan berat (*weight loss*).

Analisis kualitatif menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji mengandung zat tanin, yang terbukti dengan perubahan warna pada ekstrak tersebut. Perubahan warna ini menandakan terbentuknya senyawa kompleks antara tanin dan ion Fe^{3+} , yang berperan dalam membentuk lapisan perlindungan.

Hasil pengujian korosi dengan metode perendaman (*weight loss*) menunjukkan bahwa penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji pada material tembaga inti radiator yang direndam dalam medium korosif (air sumuran) efektif menurunkan laju korosi. Terlihat bahwa nilai laju korosi pada konsentrasi 0% (tanpa ekstrak) adalah 0,024 mm/y, sedangkan pada konsentrasi 10% (dengan ekstrak) nilai laju korosi menurun menjadi 0,006 mm/y.

Persentase proteksi tertinggi tercapai pada konsentrasi 10% dengan nilai sebesar 72%, menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor memberikan perlindungan yang signifikan terhadap korosi pada material tembaga.

Dengan demikian, kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) memiliki potensi sebagai inhibitor korosi yang efektif pada material tembaga dalam aplikasi inti radiator mobil.

Saran

Berikut adalah saran untuk pengembangan eksperimen dan penelitian lanjutan terkait pengaruh ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) sebagai inhibitor korosi pada material tembaga di inti radiator mobil: Uji perlakuan laju aliran elektrolit pada sistem radiator, penambahan waktu perendaman variasi (8-10 Hari), studi dampak ekstrak daun jambu biji dalam sistem penukar panas, optimasi formulasi dan kondisi operasional. Studi lebih lanjut ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme dan potensi penggunaan ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor korosi dalam aplikasi industri, termasuk dalam konteks penukar panas pada kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhiansyah, M. (2014). *Pemanfaatan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa Bolimbi) Sebagai Bioinhibitor Korosi Pada Logam Baja Karbon*.
- Astuti, D. S. (2015). Pengaruh Pemberian Ekstrak Maserasi Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava L.*) Terhadap Bakteri *Escherichia Coli*. *Parapemikir: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 3(1).

- Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). Double-Layer Structure And Adsorption. In *Electrochemical*

Methods - Fundamentals And Applications.

- Brycki, B., Kowalczyk, I., Szulc, A., Kaczerewska, O., & Pakiet, M. (2018). *Organic Corrosion Inhibitors*.
- Dubey, A. K. (2015). Investigation On Suitability Of Aluminium To Copper In A Radiator. *Manufacturing Science And Technology*, 3(1), 16–23.
- Fadhilah, A., Susanti, S., & Gultom, T. (2018). Karakterisasi Tanaman Jambu Biji (Psidium Guajava L) Di Desa Namoriam Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya*, 12, 1–11.
- Hakim, M., Mulyaningsih, N., Suharno, K., Taufik, I., Mesin, J. T., Teknik, F., Tidar, U., Mesin, J. T., Teknik, F., Tidar, U., Mesin, J. T., Teknik, F., Tidar, U., Mesin, J. T., Teknik, F., & Tidar, U. (2020). *Korosi Merupakan Proses Alami Dari Suatu Bahan (Biasanya Berupa Logam) Untuk Kembali Menuju Keadaan Semula Melalui Proses Elektrokimia Karena Reaksi Dengan Lingkungan Sekitarnya (Miksic , 2004). Suatu Alat Yang Terkena Korosi Akan Mengalami Penurunan .* 4(1), 15–21
- Haris, H., Effiandi, N., & Asmed, A. (2022). Perbandingan Penggunaan Cairan Pendingin Radiator Terhadap Temperatur Kerja Mesin Mobil Toyota Avanza 1.5 S M/T. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 20–25.
- Hartanto, S., & Wicaksono, M. A. (2018). *Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava , Linn .) Sebagai Inhibitor*. 2(1), 7–11.
- Hasan, Z., Mulyono, T., & Winata, I. N. A. (2015). Studi Pemanfaatan Ekstrak Lignin Kulit Kopi Sebagai Inhibitor Organik Korosi Besi. In *Seminar Nasional Kimia*.
- Irianty, R. S., & Khairat. (2013). Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja AISI 4140 Dalam Medium Air Laut. *Jurnal Teknobiologi*, IV, 2, 77–82.
- Kuroso, M., & Khumaidi Usman, M. (2017). *Analisis Mikrostruktur Dan Sifat Kekerasan Pada Pengelasan Smaw Dengan Arus 90 Ampere Pada Bracket Bawah Carlift Two Post*.
- LD Yuono. (2017). Pengaruh Pendinginan Cepat Terhadap Laju Korosi. *Ojs.Ummetro.Ac.Id*, 5–8.
- Lestari, D. W., Atika, V., Satria, Y., Fitriani, A., & Susanto, T. (2020). Aplikasi Mordan Tanin Pada Pewarnaan Kain Batik Katun Menggunakan Warna Alam Tinggi (Ceriops Tagal). *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 128.
- Lubis, M., Masthura, M., & Husnah, M. (2023). Penurunan Laju Korosi Logam Aluminium, Besi Dan Baja Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji. *Berkala Fisika Indonesia : Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran Dan Aplikasinya*, 14(2), 63–71.
- Mahmudi, R. K. (2022). Pengaruh Bio Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia Catappa) Pada Ketahanan Korosi Baja Astm A36 Hasil Proses Pengelasan Dalam Media Air Gambut. *Universitas Islam Riau*, 1(1), 1–62.