

EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*PSIDIUM GUAJAVA*, LINN) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA KOMPONEN BOILER

Muhammad Renaldi Raihan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammad.20024@mhs.unesa.ac.id

Bellina Yunitasari

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: bellinayunitasari@unesa.ac.id

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan uap air sebagai media kerja, dan boiler merupakan salah satu komponen utama PLTU yang terbuat dari material logam. Permasalahan yang ditemui adalah pembentukan endapan dan korosi pada pipa akibat zat korosif dalam air umpan, yang dapat mengurangi efisiensi dan umur boiler. Penelitian ini merupakan eksperimen yang membuat sampel boiler header tubes dari potongan pipa dan inhibitor korosi dari ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*, linn) dengan metode maserasi. Uji korosi dilakukan dengan metode weight loss dengan variasi konsentrasi 0, 500, 1000, 1500, dan 2000ppm dan waktu perendaman selama 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh signifikan variasi konsentrasi dan waktu perendaman pada spesimen pipa boiler terhadap laju korosi dan efisiensi ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*, linn). Laju korosi tertinggi terjadi pada spesimen tanpa inhibitor (0ppm) sebesar 0,0765 mmpy, sementara laju korosi terendah tercatat pada konsentrasi inhibitor 1500ppm sebesar 0,0132 mmpy. Persentase efisiensi terbesar didapat yaitu 82,7% pada konsentrasi 1500ppm.

Kata Kunci: Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*, Linn), Inhibitor, Laju Korosi, Penurunan Berat, Pipa Boiler

Abstract

The Steam Power Plant uses steam as the working medium, and the boiler is one of the main components of the Power Plant made from metal. A common problem encountered is the formation of deposits and corrosion on the pipes due to corrosive substances in the feedwater, which can reduce the efficiency and lifespan of the boiler. This study is an experiment that creates boiler header tube samples from pipe segments and corrosion inhibitors from guava leaf extract (*Psidium guajava*, Linn) using the maceration method. The corrosion test was conducted using the weight loss method with concentration variations of 0, 500, 1000, 1500, and 2000 ppm, and the immersion time was 7 days. The results showed a significant effect of variations in concentration and immersion time on the corrosion rate and efficiency of guava leaf extract (*Psidium guajava*, Linn) on boiler pipe specimens. The highest corrosion rate occurred in specimens without inhibitor (0ppm) at 0.0765 mmpy, while the lowest corrosion rate was observed at a 1500ppm inhibitor concentration at 0.0132 mmpy. The highest efficiency percentage was 82,7% reached at 1500ppm concentration.

Keywords: Boiler Pipe, Corrosion Rate, Guava Leaf (*Psidium Guajava*, Linn) Extract, Inhibitor, Weight Loss

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan sistem pembangkit energi termal yang menggunakan uap air sebagai media kerjanya, dimana energi kinetik dari uap dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin (Pontoh dkk, 2021). Boiler memegang peranan penting sebagai penggerak turbin dalam PLTU dan menggunakan material logam sebagai bahan pada mesin-mesin dan pipanya. Logam dipilih karena memiliki sifat yang kuat, tangguh, dan keras.

Boiler merupakan bejana tertutup yang di dalamnya berisi air dimana panas hasil pembakaran dialirkan ke dalam air hingga menghasilkan uap (*steam*). Uap atau *steam* yang kemudian dimanfaatkan untuk mentransfer panas ke dalam suatu proses (Solehudin dkk, 2019). Air umpan (*feed water*) adalah media yang digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses dalam boiler karena murah dan mudah ditemui. Sumber air bisa didapatkan dari air sumur, air PDAM atau air permukaan yang

memiliki syarat air tersebut bebas dari zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi terjadi pada material logam akibat adanya reaksi material logam menjadi ion di permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan yang mengandung air dan oksigen (Natasya dkk, 2022). Proses korosi merupakan hal alamiah yang tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan dan dikurangi laju korosinya. Penggunaan inhibitor korosi menjadi pilihan yang lebih umum digunakan karena mudah diaplikasikan (Ngatin dkk, 2022).

Penggunaan inhibitor korosi merupakan salah satu upaya yang praktis dan hemat biaya untuk melindungi dan mencegah korosi pada suatu logam. Inhibitor korosi didefinisikan sebagai zat yang jika ditambahkan dalam jumlah kecil ke dalam suatu lingkungan, mampu mengurangi serangan korosi (Wibowo & Supriyo, 2020). Inhibitor korosi berasal dari senyawa anorganik dan organik. Inhibitor organik lebih banyak digunakan karena memiliki sifat anti-korosi lebih kuat serta ramah lingkungan daripada inhibitor anorganik. Selain itu,

inhibitor organik juga menjadi solusi aman karena mudah didapat, dapat terurai secara alami dan biaya yang terjangkau.

Pemanfaatan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*, Linn) berpotensi menjadi inhibitor korosi alami karena mengandung senyawa tanin. Tanin adalah senyawa polifenol yang secara alami ditemukan dalam kandungan sebuah tanaman. Tanin dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) pada permukaan logam sehingga laju korosi akan mengalami penurunan karena senyawa ini menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaannya.

Berdasarkan uraian diatas, adanya senyawa tanin pada daun jambu biji dapat meningkatkan potensi penggunaan lebih lanjut dari daun tersebut sebagai inhibitor korosi, sehingga akan dilakukan studi eksperimen aplikasi inhibitor organik pada pipa boiler menggunakan daun jambu biji terhadap laju korosi dengan metode *weight loss*.

METODE

Metode pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mencari pengaruh parameter inhibitor organik ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*, linn) menggunakan variasi konsentrasi inhibitor 0, 500, 1000, 1500 dan 2000ppm dengan waktu perendaman 7 hari yang dilakukan untuk mencari penghambat laju korosi optimal.

Objek yang digunakan adalah pipa boiler dengan panjang 30cm dipotong berbentuk *coupon* dengan ukuran 30mm x 20mm x 4mm.

Prosedur pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu uji XRF, preparasi sampel baja, preparasi larutan inhibitor, identifikasi tanin, perhitungan volume larutan minimal dan konsentrasi ppm inhibitor, perhitungan laju korosi, dan uji foto mikro.

1. Uji XRF

Pengujian XRF dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengambil sampel potongan pipa boiler yang sudah dibersihkan permukaannya.
- Mengkarakterisasi spesimen dengan alat uji *X-Ray Fluorescence* (XRF).
- Mengarahkan alat uji XRF menuju permukaan spesimen uji dengan sinar-X.
- Kemudian data muncul pada layar alat XRF dengan menampilkan komposisi secara detail.

2. Preparasi Sampel Baja

Preparasi sampel baja dilakukan berdasarkan standar ASTM G1-03 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Memotong pipa boiler dengan ukuran dan banyak sesuai kebutuhan.
- Membersihkan dan mencuci potongan pipa menggunakan sabun dan aquades untuk membersihkan kotoran yang menempel pada baja.
- Menimbang potongan pipa untuk mengetahui massa awal baja tersebut

3. Preparasi Larutan Inhibitor

Preparasi larutan inhibitor dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 2kg daun jambu biji (*Psidium Guajava*, Linn) dibersihkan dari kotoran, kemudian pisahkan daun dari batangnya, dikeringkan dengan cara dijemur di luar ruang yang terkena sinar matahari selama 2 hari.
- Daun jambu biji yang telah kering diblender hingga menjadi serbuk.
- Menyaring hasil serbuk daun jambu biji menggunakan ayakan mesh 40 agar hasilnya halus dan seragam.
- Melakukan ekstraksi dengan metode maserasi dengan memasukkan serbuk daun jambu biji yang telah halus sebanyak 200gr ke dalam wadah, kemudian masukkan etanol 96% dengan perbandingan 1:5 sebanyak 1 liter selama 2 hari.
- Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat (zat yang lolos penyaringan).
- Hasil filtrat diuapkan menggunakan mesin rotary vacuum evaporator dengan suhu 78°C selama 4 jam untuk menghilangkan pelarut.
- Menimbang berapa ekstrak yang dihasilkan serta pelarut setelah di distilasi.
- Sampel disimpan dalam botol kaca untuk proses selanjutnya.

4. Identifikasi Tanin

- Sampel ekstrak diambil lalu dimasukkan ke tabung uji.
- Meneteskan larutan FeCl₃ untuk mengamati perubahan warna.
- Jika warna awal FeCl₃ yang kecoklatan berubah menjadi hijau gelap menandakan adanya tanin dalam larutan ekstrak.

5. Perhitungan Volume Larutan Minimal dan Konsentrasi Inhibitor

Berdasarkan ASTM G31-72, syarat volume larutan minimal adalah 0,2—0,4ml/mm² luas permukaan spesimen. Sehingga volume larutan minimal yang dapat digunakan adalah:

$$L = (2x(px1) + (pxt) + (lxt)) - 2\pi(r)^2 + 2\pi rt$$

$$L = (2x(30x20) + (30x4) + (20x4)) - 2x3,14(1,5)^2 + 2x3,14x1,5x4$$

$$L = 1423,55\text{mm}^2$$

$$1423,55\text{mm}^2 \times 0,2\text{ml/mm}^2 = 284,71\text{ml} \sim 285\text{ml}$$

$$K \text{ (ppm)} = \frac{\text{massa (mg)}}{\text{Volume pelarut (l)}}$$

$$500 \text{ ppm} = \frac{500 \text{ mg ekstrak}}{1 \text{ l NaCl}}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{1000 \text{ mg ekstrak}}{1 \text{ l NaCl}}$$

$$1500 \text{ ppm} = \frac{1500 \text{ mg ekstrak}}{1 \text{ l NaCl}}$$

$$2000 \text{ ppm} = \frac{2000 \text{ mg ekstrak}}{1 \text{ l NaCl}}$$

Pembuatan larutan NaCl 4% yaitu dengan 40g garam kasar/krosok (NaCl) ditambahkan dengan aquades sampai batas volume 1000ml pada labu ukur.

6. Perhitungan Laju Korosi

- Spesimen yang sudah disiapkan direndam kedalam larutan inhibitor.
- Tiap variasi inhibitor dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.
- Setelah 7 hari, spesimen diangkat, dibilas dengan aquades lalu dikeringkan.
- Menimbang baja untuk mengetahui massa akhir baja tersebut setelah pengujian.
- Menghitung laju korosi menggunakan metode *weight loss*.

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times D}$$

Keterangan:

- CR = laju korosi (mmpy)
 K = konstanta laju korosi = $8,76 \times 10^4$ (mmpy)
 W = massa yang hilang (g)
 A = luas penampang spesimen (cm²)
 t = waktu perendaman (jam)
 D = densitas spesimen (g/cm³)

- Menghitung efisiensi penggunaan inhibitor menggunakan persamaan berikut:

$$I = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \times 100\%$$

Keterangan:

- I = Efisiensi inhibisi
 CR₀ = laju korosi tanpa inhibitor
 CR₁ = laju korosi dengan penambahan inhibitor

7. Foto Mikro

- Menyiapkan spesimen yang akan difoto mikro menggunakan spesimen yang telah dilakukan uji perendaman sebelumnya.
- Mengeringkan spesimen uji.
- Meletakkan spesimen uji pada alat mikroskop.
- Melakukan pengambilan gambar dengan perbesaran 20x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Spesimen Uji

Pipa boiler dengan panjang awal 30cm dipotong menjadi ukuran 30 x 20 x 4mm. Potongan pipa dicuci menggunakan sabun untuk menghilangkan kotoran dan karat yang menempel pada spesimen.



(a) (b)

Gambar 1 (a) Pipa boiler sebelum dipotong (b) Potongan pipa setelah dipotong

Preparasi Ekstrak Daun Jambu Biji

Daun diambil dalam satu pohon yang sama sebanyak 2kg. Kemudian dicuci dengan air mengalir, pisahkan batang dari daunnya lalu dikeringkan dengan cara dijemur di luar ruang yang terkena sinar matahari selama 2 hari.



(a) (b)

Gambar 2 (a) Proses pengambilan daun jambu biji (b) Proses pengeringan daun jambu biji

Daun jambu biji yang sudah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender sehingga didapat serbuk daun jambu biji, lalu diayak menggunakan ayakan mesh 40 agar hasilnya halus dan seragam. Kemudian, dilakukan proses maserasi dengan menambahkan pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1:5 sebanyak 1L dengan 200g serbuk daun jambu biji yang sudah diayak. Setelah itu, dimasukkan kedalam toples dan didiamkan selama 2 hari di tempat yang tidak terkena sinar matahari.



(a) (b) (c)

Gambar 3 (a) Penghalusan daun (b) Pengayakan serbuk daun dengan mesh 40 (c) Proses maserasi

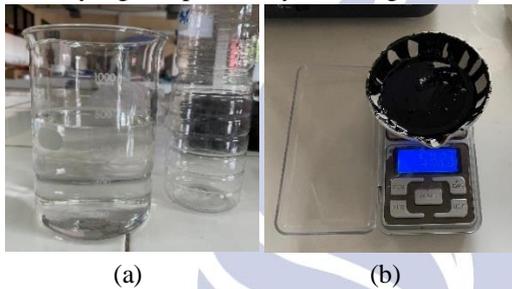
Proses Pemisahan Ekstrak dari Pelarut

Hasil maserasi disaring dan dimasukkan kedalam labu evaporator, kemudian digunakan alat *rotary vacuum evaporator* dengan suhu 78°C pada putaran 50rpm selama 4 jam. Proses ini bertujuan untuk memisahkan pelarut etanol dari ekstrak daun jambu biji yang selanjutnya akan dijadikan sebagai inhibitor organik.



Gambar 4 Proses pemisahan ekstrak dari pelarut

Pelarut yang berhasil dipisah didapat sebanyak ±700ml dan ekstrak yang didapat sebanyak 59,33g.



Gambar 5 (a) Hasil pelarut yang terpisah dari *rotary vacuum evaporator* (b) Ekstrak daun jambu biji yang didapat

Proses Pengujian dan Hasil Perendaman

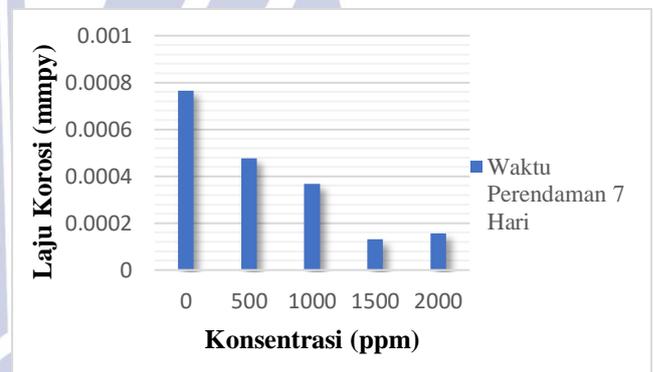
Pengujian laju korosi dilakukan menggunakan metode perendaman dengan menghitung kehilangan berat awal sebelum dan sesudah perendaman (*weight loss*). Digunakan 285ml larutan inhibitor dengan konsentrasi 0, 500, 1000, 1500, dan 2000ppm selama 7 hari.



Gambar 6 Proses perendaman spesimen uji

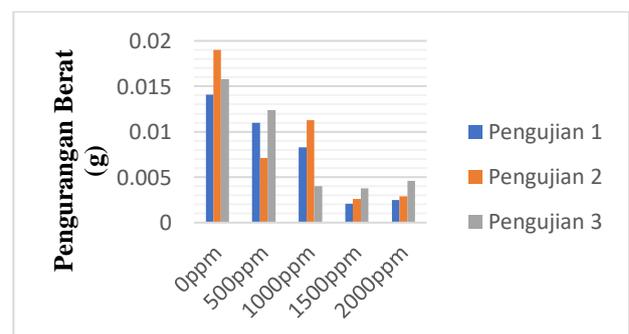
Tabel 1 Data kehilangan berat spesimen dan laju korosi

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Uji	ΔW (g)	Rata-rata (g)	Nilai Laju Korosi (mmpy)	Rata-rata (mmpy)
0	1	0,0141	0,0163	0,0662	0,0765
	2	0,0190		0,0892	
	3	0,0158		0,0742	
500	1	0,0110	0,0101	0,0516	0,0477
	2	0,0071		0,0333	
	3	0,0124		0,0582	
1000	1	0,0083	0,0072	0,0389	0,0368
	2	0,0113		0,0530	
	3	0,0040		0,0187	
1500	1	0,0021	0,0028	0,0098	0,0132
	2	0,0026		0,0122	
	3	0,0038		0,0178	
2000	1	0,0025	0,0033	0,0117	0,0156
	2	0,0029		0,0136	
	3	0,0046		0,0216	



Gambar 7 Grafik nilai laju korosi

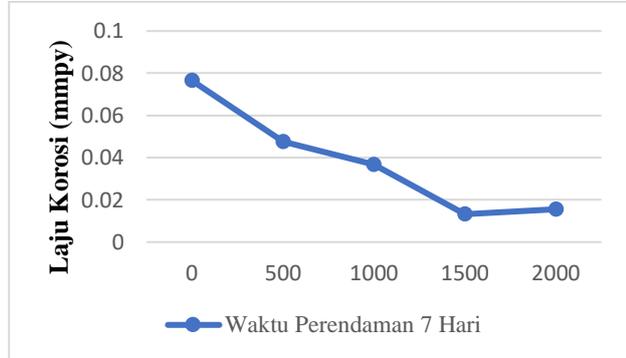
Pada grafik terlihat bahwa nilai laju korosi antara tanpa penambahan inhibitor dengan penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji terdapat perbedaan yang signifikan dimana spesimen uji yang tidak ditambahkan inhibitor memiliki nilai laju korosi yang tinggi dibanding spesimen yang ditambahkan inhibitor. Dengan ditambahkan inhibitor dari ekstrak daun jambu biji nilai laju korosi dapat diturunkan.



Gambar 8 Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap pengurangan berat spesimen

Pengurangan berat pada spesimen yang ditambahkan konsentrasi inhibitor ekstrak daun jambu biji lebih rendah dibandingkan dengan tanpa penambahan inhibitor serta menghasilkan grafik dibawah spesimen tanpa inhibitor ekstrak daun jambu biji. Hal ini menunjukkan permukaan baja terlindungi oleh lapisan yang terbentuk dari ekstrak daun jambu biji.

Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Laju Korosi



Gambar 9 Grafik pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap laju korosi

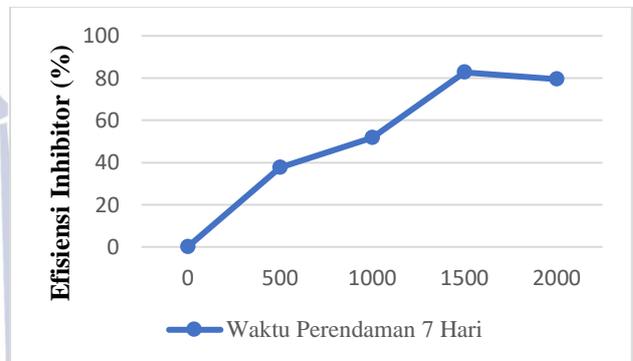
Dilihat pada grafik terlihat penurunan secara gradual kemudian mulai naik pada konsentrasi 2000ppm. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan perilaku korosi spesimen karena penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji. Penurunan terjadi akibat terdapat senyawa tannin dalam ekstrak daun jambu biji yang membentuk senyawa kompleks Fe-tannat pada permukaan spesimen, serta membentuk lapisan tipis di permukaan tersebut. Proses ini disebabkan oleh adsorpsi, yang berfungsi sebagai semacam lapisan pembatas yang memisahkan permukaan baja dari media di sekitarnya sehingga menghalangi serangan NaCl dan laju korosi dapat menurun. Kemudian, kenaikan laju korosi kembali pada konsentrasi 2000ppm menunjukkan bahwa inhibitor ekstrak daun jambu biji yang digunakan telah mencapai titik jenuh sehingga kemampuan inhibitor untuk melindungi spesimen dari korosi sudah tidak berfungsi lagi dengan baik (Ulum dkk, 2021).

Efisiensi Ekstrak Daun Jambu Biji

Perhitungan nilai efisiensi inhibitor digunakan untuk melihat efektivitas ekstrak daun jambu biji dalam menurunkan laju korosi pada pipa boiler.

Tabel 2 Data perhitungan efisisensi ekstrak

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Waktu Perendaman (Hari)	Efisiensi Ekstrak (%)
0	7	0
500		37,6
1000		51,8
1500		82,7
2000		79,6



Gambar 10 Grafik pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak terhadap nilai efisiensi

Dari grafik terlihat bahwa nilai efisiensi ekstrak cenderung meningkat seiring bertambahnya konsentrasi inhibitor. Hal ini terjadi karena seiring bertambahnya konsentrasi, jumlah senyawa kompleks yang terbentuk antara tannin dari ekstrak daun jambu biji dan ion Fe³⁺ semakin bertambah, sehingga lapisan pelindung yang terbentuk di permukaan besi menjadi semakin meningkat. Dalam rentang tertentu, seiring bertambahnya konsentrasi maka laju inhibisi inhibitor semakin baik. Namun bila konsentrasi inhibitor terlalu tinggi dapat menyebabkan pelepasan inhibitor yang menyebabkan laju inhibisi melambat.

Hasil Analisa

Pengujian *weight loss* penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada suatu spesimen dengan membandingkan berat awal sebelum dan setelah perendaman dalam media korosif dengan penambahan larutan inhibitor korosi dan tanpa penambahan inhibitor korosi yang selanjutnya dianalisa serta dihitung. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*, linn) mengandung senyawa tannin karena dapat menghambat laju korosi pada spesimen pipa boiler. Nilai laju korosi spesimen pipa boiler waktu perendaman 7 hari dengan variasi konsentrasi ekstrak daun jambu biji 0, 500, 1000, 1500 dan 2000ppm secara berturut-turut adalah 0,0765mmpy, 0,0477mmpy, 0,0368mmpy, 0,0132mmpy dan 0,0156mmpy. Dilihat dari adanya perbedaan hasil laju korosi yang signifikan antara

penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor, maka terdapat pengaruh yang signifikan pada ekstrak daun jambu biji terhadap laju korosi pada pipa boiler dengan variasi konsentrasi 0, 500, 1000, 1500 dan 2000ppm pada waktu perendaman 7 hari.

Pada perhitungan nilai efisiensi ekstrak daun jambu biji pada spesimen pipa boiler diperoleh hasil bahwa konsentrasi ekstrak daun jambu biji bekerja paling efektif pada konsentrasi ekstrak 1500ppm dengan efisiensi sebesar 82,7%. Inhibitor bekerja dengan cara ekstrak daun jambu biji tersebut membentuk lapisan tipis pada permukaan spesimen hingga dapat menghambat laju korosi.

PENUTUP

Simpulan

Hasil dari pengujian inhibitor ekstrak daun jambu biji (*Psidium Guajava*, Linn) dengan metode *weight loss* menunjukkan bahwa penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji dapat menghambat atau mengurangi laju korosi pada boiler header tubes dimana setiap variasi konsentrasi inhibitor dapat menurunkan laju korosi dengan hasil yang berbeda, variasi konsentrasi paling optimum didapat pada konsentrasi inhibitor sebesar 1500ppm. Variasi konsentrasi dan lama perendaman juga memiliki pengaruh terhadap laju korosi dan nilai efisiensi pada pipa boiler di mana nilai laju korosi akan mengalami penurunan yang konstan jika semakin lama terendam serta nilai efisiensi inhibisi yang semakin tinggi konsentrasinya maka akan mendapat nilai efisiensi yang baik, namun jika konsentrasi terlalu tinggi terjadi pelepasan inhibitor yang menyebabkan laju inhibisi melambat sehingga laju korosi menjadi konstan bahkan bisa kembali naik.

DAFTAR PUSTAKA

- Natasya, T., Embun Khairafah, M., Sari Br Sembiring, M., & Nazrifah Hutabarat, L. (2022). *Corrosion Factors on Nail. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 05(01), 47–50.
- Ngatin, A., Wulandari, A. F., Saffanah, A. D., Suminar, D. R., & Setyaningrum, S. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Baja Paduan dalam Medium Larutan NaCl. *Fluida*, 15(2), 113–120.
<https://doi.org/10.35313/fluida.v15i2.3923>
- Pontoh, S. N., Moku, B., & Paat, C. J. (2021). Dampak Pembangunan PLTU Terhadap Perubahan Mata Pencarian Masyarakat Desa Binjeita II Kecamatan Bolangitang Timur Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara. *JURNAL ILMIAH SOCIETY*, 1, 1.
- Solehudin, A., Sukrawan, Y., Rachman, A., Permana, E., & Salam, H. (2019). Analisis Efektivitas Pinus Merkusii Sebagai Inhibitor Korosi Biodegradable Dalam Aplikasi Boiler Header Tubes.
- Ulum, S. F., Ginting, E., & Sembiring, S. (2021). Ekstrak Daun Pandan Sebagai Inhibitor Korosi Baja St37

Dalam Larutan NaCl 3% dengan Suhu Perendaman 27°C dan 40°C. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 2(1), 30.
<https://jemit.fmipa.unila.ac.id/>

Wibowo, L. P. S., & Supriyo, E. (2020). *Analysis of Aluminum Metal Corrosion Rate with The Addition of Bioinhibitor from Green Tea Leaf Extract (Camellia Sinensis) In H2so4 Solution* (Vol. 01, Nomor 1).