

**PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN PEPAYA SEBAGAI INHIBITOR  
KOROSI PADA PLAT BAJA ST 37 DALAM MEDIA AIR LAUT****Muhammad Akbar Aditya Rahman, Syamsul Bahri\*, Muhammad,  
Suryati, Azhari.**Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: e-mail: [syamsulbahri@unimal.ac.id](mailto:syamsulbahri@unimal.ac.id)**Abstrak**

*Korosi ialah pengurangan kualiti logam akibat tindak balas elektrokimia dengan persekitarannya. Dalam pencegahannya, korosi bisa diatasi dengan penambahan zat penghambat korosi baik organik maupun anorganik ataupun bahan kimia. Inhibitor korosi adalah zat yang mampu menghambat laju korosi logam ketika ditambahkan ke dalam lingkungan tertentu. Salah satu contoh inhibitor korosi yang dapat digunakan untuk memperlambat laju korosi adalah ekstrak organik daun pepaya yang mengandung tanin. Zat ini mampu membentuk senyawa kompleks pada permukaan logam akibatnya dapat menurunkan laju korosi. Penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya, yang belum pernah dilakukan adalah pembuatan inhibitor korosi dengan variasi pH media korosif asam dan basa juga variasi konsentrasi inhibitor. Baja ST 37 merupakan baja dengan kekuatan tarik  $\leq 37\text{kg/mm}^2$  dengan komposisi besi lebih dari 90% dan hanya mengandung 0,022%-0,30% karbon dan sering digunakan dalam konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan. Penelitian penggunaan ekstrak daun pepaya menjadi inhibitor korosi pada plat baja ST 37 dilakukan dengan menggunakan metode perendaman. Dimana air laut dengan variasi pH asam dan basa digunakan sebagai media korosif pada plat baja ST 37 dan menggunakan inhibitor ekstrak daun pepaya. Perendaman dilakukan selama 8 hari dengan variasi konsentrasi inhibitor 0, 200, 250 dan 300 ppm. Perhitungan laju korosi dilakukan dengan metode weight loss. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi dipengaruhi oleh pH air laut, dimana laju korosi lebih meningkat pada suasana asam namun penggunaan inhibitor tetap menunjukkan hasil signifikan dalam penurunan laju korosi baik pada perendaman air laut dengan suasana asam maupun basa seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor yang digunakan. Kecepatan korosi paling kecil didapatkan dengan perendaman air laut pada pH basa dengan konsentrasi inhibitor 300 ppm dengan laju korosi sebesar 1,41 mmpy dengan efisiensi tertinggi pada perendaman 300 ppm pada suasana asam sebesar 81%.*

**Kata Kunci:** Daun Pepaya, Baja ST 37, Air Laut, Inhibitor Korosi dan Laju Korosi

## **1. Pendahuluan**

Korosi adalah suatu kondisi di mana material rusak yang menyebabkan berkurangnya penampilan logam. Korosi terjadi saat logam berinteraksi atau bersentuhan secara langsung dengan lingkungan disekitarnya. Korosi merupakan kondisi yang harus ditanggapi dengan serius karena korosi itu pasti dan prosesnya tidak dapat ditunda. Material logam, baik dalam aktivitas sehari-hari ataupun pada penggunaannya di industri, mulai dari infrastruktur jembatan, kerangka kendaraan bermotor, perkakas rumah tangga, peralatan pabrik, dan kapal laut, dapat mengalami proses yang disebut sebagai korosi. Oleh karena itu korosi sangat berbahaya bagi kehidupan manusia.

Penambahan zat penghambat (inhibitor) ialah satu dari banyak metode guna menangkal terjadinya korosi. Inhibitor adalah zat yang membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam melalui reaksi antara larutan dan permukaan logam. Hingga kini, penggunaan inhibitor telah terbukti efektif dalam mencegah korosi karena prosesnya sederhana dan biayanya terjangkau. Zat-zat yang bisa difungsikan sebagai penghambat termasuk oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor, dan ikatan rangkap. Biasanya, semakin tinggi konsentrasi inhibitor, semakin efektif pula dalam menurunkan tingkat korosi logam (Noor, 2015).

Inhibitor yang diekstraksi dari bahan alami adalah jalan keluar yang lebih aman dan lebih cocok karena tersedia, dapat terurai secara hayati dan murah (Irianty, 2012). Tanin merupakan senyawa yang dapat digunakan sebagai penghambat korosi. Tanin ialah senyawa yang mempunyai gugus OH. Gugus OH dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam pada permukaan besi, dengan cara ini tanin berperan sebagai agen anti-karat. Selain itu, tanin juga memiliki kemampuan untuk mengendapkan protein dan membentuk kelat logam.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, daun rambutan telah terbukti sebagai satu dari banyak tumbuhan yang berperan menjadi inhibitor alami sebab kandungan tanin yang dimilikinya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Andira dkk (2022), yang melakukan pemanfaatan ekstrak daun rambutan sebagai inhibitor pada plat besi dalam media air payau dengan menunjukkan hasil yang memuaskan dalam efisiensi inhibisi sebesar 81,06%.

Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor pada plat tembaga didalam media air laut, dimana diketahui daun pepaya mempunyai kandungan papain, alkaloid, flavonoid, steroid, tanin dan saponin. Tanin ialah senyawa metabolit sekunder yang efektif dalam berbagai manfaat, seperti sebagai agen antioksidan, penghambat diare, penyusut jaringan, dan penghambat pertumbuhan bakteri.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu etanol 96%, daun pepaya, plat baja ST 37, HCl 0,1 N, NaOH 6N, air laut, FeCl 5%, Gelatin, Aquadest dan NaCl 2%. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan diantaranya yaitu labu Ukur 250 ml, gelas *beaker* 100 ml, corong, gelas ukur, *magnetic stirrer*, oven, wadah plastik, timbangan digital, kertas saring, dan kertas amplas grade 100.

Penelitian ini dilakukan dengan memulai tahapan pertama yaitu melakukan persiapan bahan uji yaitu plat baja ST 37 dimana plat kemudian dipotong dengan ukuran 5 x 3 cm dengan ketebalan 0,3 cm lalu direndam pada aquadest selama 2 menit lalu dibilas dengan etanol dengan tujuan penghilangan kotoran pada plat baja. Selanjutnya, plat baja dikeringkan menggunakan oven lalu didinginkan pada desikator lalu ditimbang berat plat baja.

Lalu pada tahapan kedua dilakukan preparasi bahan baku yaitu penimbangan daun pepaya seberat 500 gr, lalu dicuci dengan air, kemudian dikeringkan daun pepaya dibawah sinar matahari selama 10 hari lalu dilakukan pengeringan lagi di oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Setelah dikeringkan didalam oven, daun pepaya dapat dihaluskan.

Pada tahapan ketiga, dilakukan proses ekstraksi daun pepaya menggunakan metode maserasi dimana daun pepaya yang sudah dihaluskan dicampur dengan etanol 96% dengan perbandingan 1:5 (100 gr daun pepaya : 500 ml etanol 96%). Ekstraksi dilakukan selama 3x24 jam didalam *beaker glass* dan ditutup dengan *aluminium foil*. Filtrat kemudian dipanaskan untuk menguapkan pelarut etanol 96% dengan dipanaskan pada suhu 80 °C selama 60 menit untuk

didapatkan ekstrak pekat daun pepaya. Ekstrak pekat daun pepaya digunakan sebagai inhibitor organik daun pepaya.

Tahapan keempat dilakukan pembuatan larutan inhibitor dari ekstrak pekat daun pepaya dimana ekstrak diencerkan sesuai dengan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 0,200,250, dan 300 ppm dengan cara melarutkan ekstrak dengan aquadest pada labu ukur sampai tanda batas.

Dan pada tahapan terakhir penelitian ini adalah tahapan pengujian sampel dimana 250 ml air laut dimasukkan kedalam setiap beaker glass sesuai dengan variasi yang ditentukan yaitu variasi pH air laut asam (3) dan pH air laut basa (9). Lalu plat baja yang telah dipersiapkan direndam pada larutan inhibitor sesuai dengan variasi konsentrasi inhibitor selama 5 jam. Lalu dilakukan perendaman plat baja pada air laut yang telah dipersiapkan dan dilakukan perendaman selama 8 hari. Jika waktu telah tercapai, plat baja dicuci dengan larutan HCl 0,1 N lalu dibilas dengan aquadest, kemudian dikeringkan. Ditimbang plat baja lalu dicatat perubahan yang terjadi.

Ada beberapa tahapan analisa yang dilakukan dengan beberapa parameter, yaitu uji fitokimia tanin yang dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa tanin didalam ekstrak daun pepaya. Pengujian ini dilakukan dengan menimbang sebanyak 2 gram ekstrak daun pepaya lalu dilarutkan pada 100 ml aquadest dan dididihkan selama 15 menit. Setelah itu, ditambahkan 1 ml NaCl 2% dan disaring. Filtrat dibagi menjadi dua bagian, yaitu filtrat A dan Filtrat B. Filtrat A diberi 3 tetes FeCl<sub>3</sub> 5%, sementara filtrat B diberi gelatin.

Kemudian analisa kehilangan berat dilakukan untuk mengetahui pengukuran selisih massa awal dan berat akhir plat baja setelah perendaman. Lalu dilakukan analisa laju korosi pada plat baja dan dapat diketahui dengan persamaan 1.

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

(ASTM D 2688 Standard 2005)

Dimana : K = Konstanta

A = Luas Area Permukaan (in<sup>2</sup>)

T = Lama Waktu (hari)

W = Kehilangan Massa (g)

D = Densitas (g/cm<sup>3</sup>)

Analisa efisiensi inhibisi juga dilakukan dengan persamaan 2.

$$E_i = \frac{V_{ko} - V_{ki}}{V_{ko}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :  $E_i$  = Efisiensi Inhibisi

$V_{ko}$  = Laju Korosi Tanpa Inhibitor

$V_{ki}$  = Laju Korosi Dengan Inhibitor

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Uji Fitokimia Tanin

Mendeteksi keberadaan tanin secara kualitatif dapat dilakukan dengan menggunakan larutan uji FeCl<sub>3</sub> dan gelatin test. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada uji fitokimia tanin ekstrak daun pepaya, dimana hasil penambahan pereaksi FeCl<sub>3</sub> menunjukkan perubahan warna yang signifikan dari warna kuning kehijauan menjadi biru kehitaman, sehingga dapat disimpulkan pada ekstrak daun pepaya terkandung tanin yang dapat mencegah terjadinya korosi pada plat baja ST 37. Hal ini dimungkinkan karena tanin merupakan senyawa polifenol, dimana pereaksi FeCl<sub>3</sub> digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fenol dalam suatu sampel. Ini dikuatkan oleh (Harborne, 1987) metode konvensional untuk mengidentifikasi senyawa fenolik sederhana adalah dengan menambahkan ekstrak ke dalam campuran air dan FeCl<sub>3</sub> 1%. Hasilnya akan terlihat warna hijau, merah, ungu, biru, atau hitam pekat. Terbentuknya warna biru atau biru tua pada ekstrak setelah ditambahkan FeCl<sub>3</sub> disebabkan oleh terbentuknya kompleks antara tanin dan ion Fe<sup>3+</sup>.

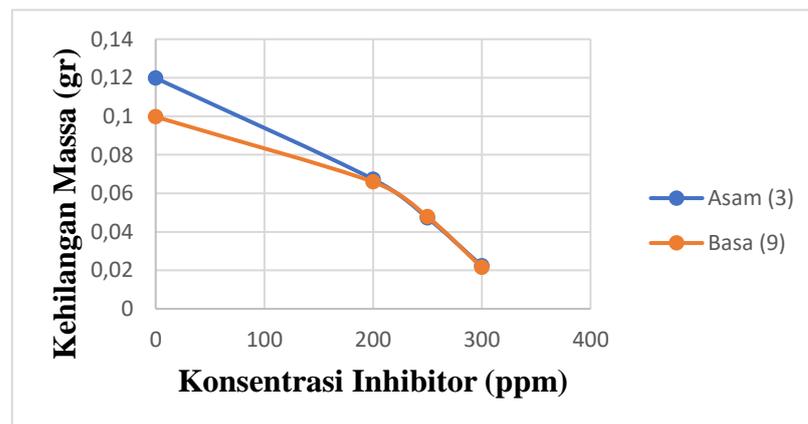
Saat uji gelatin, terbentuk endapan kuning-putih, adanya endapan kuning-putih menandakan adanya ikatan tanin pada protein gelatin. Menurut Harborne,

tanin bisa berinteraksi dengan protein sehingga terbentuk kopolimer yang tidak dapat larut dalam air.

### 3.2 Analisa Kehilangan Berat

Penentuan kecepatan pengkaratan bisa dilakukan dengan metode kehilangan berat. Saat memilih metode kehilangan berat, harus diberi perhatian khusus pada lingkungan yang mungkin akan mengalami pengkaratan selama penggunaan. Pemeriksaan yang teliti terhadap struktur secara keseluruhan pada tahap perancangan akan memungkinkan kita memprediksi bagian-bagian pada sistem yang cenderung mengalami korosi. Sehingga dengan mudah untuk kita memperbaiki atau menggantikan bagian yang terkena korosi. Dalam metode ini, tingkat korosi dinyatakan sebagai jumlah berat yang hilang dari benda uji per satuan luas permukaan pada setiap periode perendaman. Efisiensi untuk setiap laju korosi yang terjadi pada plat besi yang diuji dengan penambahan ekstrak daun pepaya menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor, maka semakin besar efisiensi inhibisinya.

Adapun pengaruh konsentrasi inhibitor dan variasi pH media korosif air laut terhadap kehilangan berat pada plat baja ST 37 dapat dilihat pada Gambar 3.1



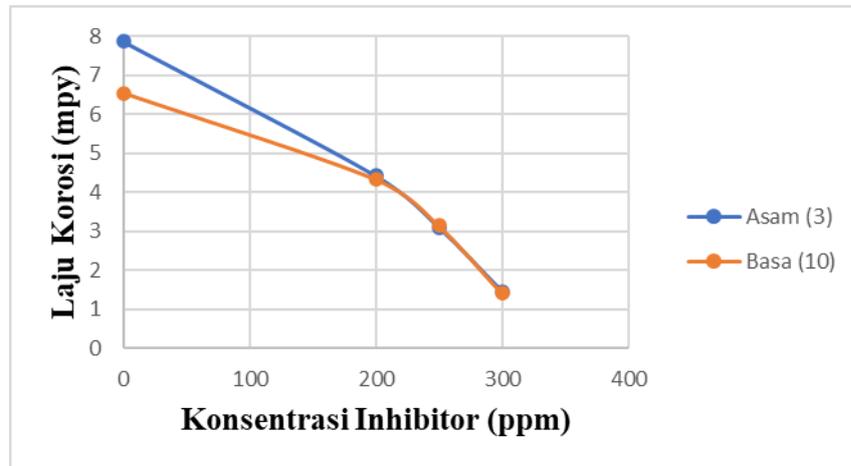
**Gambar 3.1** Pengaruh Konsentrasi Inhibitor dan pH Terhadap Kehilangan Berat

Gambar 3.1 menjelaskan bahwa pada perendaman selama 8 hari, menunjukkan garis penurunan terhadap massa plat baja ST 37 yang mana memiliki berat yang bervariasi namun dominan memiliki berat sekitar  $\pm 32$ gr. Kehilangan massa terbesar terjadi pada perendaman plat baja ST 37 dengan

konsentrasi 0 ppm atau tanpa adanya penambahan inhibitor, dengan kehilangan massa dari 32,2131 gr menjadi 32,0923 gr dengan kehilangan berat sebesar 0,1198 gr pada media asam dan kehilangan massa dari 32,0015 gr menjadi 31,9028 gr dengan kehilangan massa sebesar 0,0997 gr pada media basa. Sementara pada perendaman pada konsentrasi inhibitor sebesar 200, 250 dan 300 ppm menunjukkan bahwasanya kehilangan massa semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi inhibitor. Penurunan berat ini terjadi akibat terjadinya oksidasi pada plat besi (sampel) dan bereaksi dengan larutan korosif berupa air laut. Korosi terjadi pada permukaan sampel, di mana satu permukaan akan melepaskan ion (anoda) dan permukaan lainnya akan menerima ion yang dilepaskan (katoda). Dengan demikian Bagian permukaan sampel yang berperan sebagai area penampungan ion yang terlepas, akan terjadi fenomena korosi yang mengakibatkan sampel menurunkan bobotnya. Sementara pada perendaman dengan penambahan inhibitor yang memiliki penurunan massa lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa inhibitor ini disebabkan oleh penambahan inhibitor itu sendiri yang mana berfungsi untuk memperlambat laju korosi walaupun dengan penambahan inhibitor itu sendiri tetap terjadi penurunan massa dikarenakan korosi tidak bisa dihentikan, namun bisa dicegah atau dikendalikan (Saludin Muis, 2015).

### **3.3 Analisa Laju Korosi**

Pengaruh konsentrasi inhibitor dan variasi pH media korosif air laut terhadap laju korosi pada plat baja ST 37 dapat dilihat pada Gambar 3.2. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwasanya variasi konsentrasi inhibitor dapat berpengaruh pada laju korosi yang terjadi, hal ini juga terjadi pada variasi pH media air laut yang mempengaruhi hasil dari laju korosi yang terjadi pada saat perendaman selama 8 hari. Grafik menunjukkan terjadinya penurunan laju korosi seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor dari 0, 200, 250, hingga 300 ppm.



**Gambar 3.2** Pengaruh Konsentrasi Inhibitor dan Variasi pH terhadap Laju Korosi

Pada media air laut dengan pH asam (3), perendaman plat baja ST 37 dengan konsentrasi inhibitor 0 ppm atau tanpa inhibitor menunjukkan laju korosi sebesar 7,87 mpy dan menjadi sampel laju korosi tertinggi pada penelitian ini dibandingkan perendaman pada konsentrasi inhibitor 200 ppm yang menunjukkan angka 4,42 mpy, konsentrasi inhibitor 250 ppm dengan laju korosi 3,10 mpy dan konsentrasi inhibitor 300 ppm dengan laju korosi 1,46 mpy. Pada media air laut dengan pH basa (9), menunjukkan hasil laju korosi dengan nilai tertinggi pada konsentrasi inhibitor yang sama pada variasi media air laut asam yaitu 0 ppm atau tanpa adanya penambahan inhibitor dengan nilai laju korosi sebesar 6,55 mpy, hal ini berbanding terbalik dengan perendaman plat baja ST 37 dengan konsentrasi inhibitor 200,250 dan 300 dengan angka yang semakin menurun seiring tingginya konsentrasi inhibitor dengan nilai laju korosi pada konsentrasi 200 ppm sebesar 4,33 mpy, konsentrasi 250 ppm sebesar 3,14 mpy dan konsentrasi 300 ppm dengan laju korosi sebesar 1,41 mpy.

Hasil laju korosi dari media air laut pH asam (3) dan basa (9) menunjukkan bahwasanya tidak memiliki perbedaan signifikan namun tetap memiliki selisih perbedaan laju korosi yang terjadi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan semakin kecil pH, kecepatan korosi akan semakin meningkat. Namun, dengan menambahkan konsentrasi inhibitor, kecepatan korosi dapat

ditekan atau dicegah. Korosi dapat terjadi karena adanya zat padat terlarut dalam air laut yang dapat mengubah pH dan memengaruhi kecepatan korosi pada logam (Setiadi, 2007). Kecepatan korosi meningkat ketika pH menurun karena pH yang rendah adalah faktor utama dalam terjadinya korosi. Reaksi antara plat baja ST 37 dapat dengan media air laut menjadi semakin besar seiring dengan semakin rendahnya pH. Hal ini dapat dilihat pada Persamaan 4.1



Kadar OH<sup>-</sup> yang berlebihan pada lingkungan basa tidak dapat menyebabkan terbentuknya Fe(OH)<sub>3</sub> yang merupakan produk korosi. Fenomena ini disebabkan oleh sifat alkali OH<sup>-</sup> dalam air yang mengurangi keasaman yang menjadi pemicu korosi.

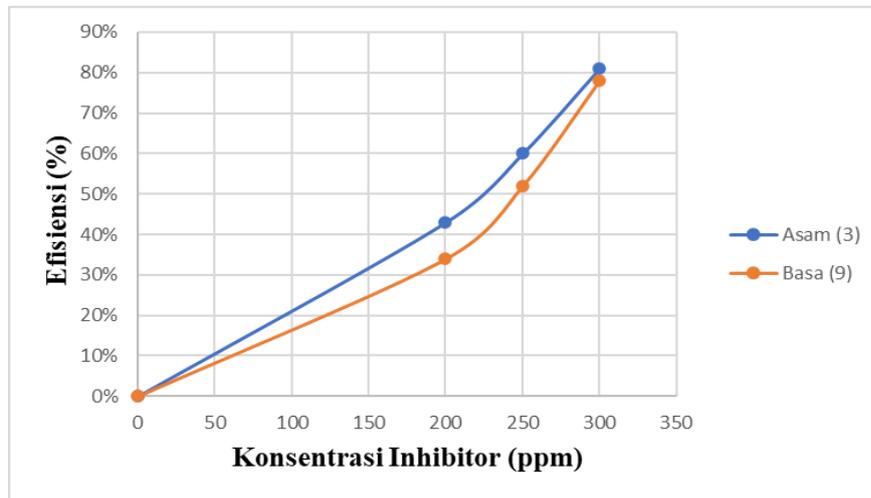
Untuk nilai laju korosi sendiri, Menurut (Afandi, 2015), laju korosif relatif yang sangat baik ialah < 1 mpy dan yang sangat buruk 200 mpy. Sehingga laju korosi pada plat baja ST 37 tanpa penggunaan inhibitor yang memiliki nilai 1,99 mmpy pada media korosi air laut pH asam dan 1,66 mmpy pada media korosi air laut pH basa memiliki kecepatan korosi yang buruk dibandingkan dengan plat baja ST 37 yang menggunakan inhibitor organik maupun anorganik.

### 3.4 Analisa Efisiensi Inhibisi

Kapabilitas inhibitor dalam memperlambat kecepatan korosi disebut efisiensi inhibisi. Efisiensi inhibitor atau yang juga dikenal sebagai efisiensi inhibisi adalah persentase yang menunjukkan penurunan kecepatan korosi dengan mengurangi nilai kecepatan korosi dengan dan tanpa inhibitor (Fahriani, 2021).

Pengaruh konsentrasi inhibitor dan variasi pH media korosif air laut terhadap efisiensi inhibisi untuk mencegah laju korosi dapat dilihat pada Gambar 3.3. Gambar 3.3 menunjukkan hasil pada media air laut dengan pH asam (3), efisiensi inhibisi paling tinggi didapatkan pada konsentrasi inhibitor 300 ppm dengan efisiensi sebesar 81% lalu konsentrasi 250 ppm dengan efisiensi sebesar 60% dan juga efisiensi 38% pada inhibitor dengan konsentrasi 43%. Hal ini berbanding lurus dengan media air laut pH basa (9) dengan efisiensi tertinggi pada inhibitor konsentrasi 300 ppm dengan efisiensi 78%, lalu inhibitor dengan

konsentrasi 250 ppm dengan efisiensi sebesar 52% dan inhibitor konsentrasi 200 ppm dengan efisiensi sebesar 34%.



**Gambar 3.3** Pengaruh Konsentrasi Inhibitor dan Variasi pH terhadap Efisiensi Inhibisi

Hal ini menunjukkan bahwa efek penghambatan ekstrak daun pepaya meningkat dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor, baik pada air laut dengan pH asam maupun pH basa. Ini dapat terjadi dikarenakan peningkatan konsentrasi ekstrak daun pepaya mempercepat penyerapan baja sehingga menurunkan laju korosi. Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya bekerja pada semua permukaan logam yang terkorosi apabila cukup terkonsentrasi. Inhibitor ini membentuk lapisan tipis pada permukaan logam, yang berfungsi sebagai pelindung. Berdasarkan hasil penelitian, terbukti bahwa penggunaan inhibitor ini sangat efektif karena mampu menurunkan tingkat korosi dengan baik.

#### 4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa ekstrak daun pepaya memiliki sifat inhibisi yang efektif dalam menurunkan laju korosi pada plat baja ST 37. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun pepaya yang digunakan, semakin rendah laju korosi yang terjadi pada plat baja ST 37 dan dapat disimpulkan pula bahwa penggunaan ekstrak daun pepaya lebih baik digunakan pada media air laut dengan suasana basa. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan metode uji laju korosi yang lain seperti metode elektrokimia.

## 5. Daftar Pustaka

- ASTM D 2688 Standard Test Methods for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Weight Loss Method), ASTM International, Philadelphia, PA. (2005). <http://file.yizimg.com/175706/2012040411294029.pdf>
- Andira, Rizki., Zulfazri., Bahri, Syamsul., Azhari dan Muarif, Agam. 2022. Pemanfaatan Ekstrak Daun Rambutan Sebagai Inhibitor Korosi Pada Plat Besi Dalam Media Air Payau. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Vol. 2 No. 3. Hal.11-20. Lhokseumawe. Universitas Malikussaleh. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i3.6507>
- Fahriani. 2021. *Pengaruh Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah*. Makassar: UIN Alauddin Makassar. <http://repositori.uin-ac.id/id/eprint/18837>
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh Dr. Kosasih Padmawinata dan Dr. Iwang Soediro. Penerbit ITB. Bandung. <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20284797>
- Irianty, Rozanna Sri dan Maria Peratenta Sembiring. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir dengan Pelarut Etanol-Air terhadap Laju Korosi Besi pada Air Laut*. *Jurnal Riset Kimia*. 5(2), 165-174. <http://dx.doi.org/10.25077/jrk.v5i2.218>
- Noor, Tubagus, Sari Kusuma, Agung Purniawan, Budi Agung. 2015. *Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulit Buah Jeruk dan Kulit Buah Mangga sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Karbon dalam Media NaCl 3,5%*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 17(1), 29-33. <http://dx.doi.org/10.17146/jsmi.2015.17.1.4199>
- Setiadi, T., 2007, *Kimia Air, Pengolahan dan Penyediaan Air*, ITB, Bandung. <https://adoc.pub/pengolahan-dan-penyediaan-air.html>
- Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif Arief, dan A. (2015). *Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating*. *Teknik ITS*, 4(1), 1–5. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v4i1.8931>