

# Pemanfaatan Antibiotik Amoxicilin Kadaluarsa Sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan Pada Baja Karbon Dalam Lingkungan Air Laut

Irwan<sup>1\*</sup>, Halim Zaini<sup>3</sup>, Nurlaili<sup>4</sup>, Harunsyah<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

\*irwan@pnl.ac.id

**Abstrak**— Penggunaan baja karbon dalam sebagai bahan konstruksi semakin meningkat dewasa ini karena sifat-sifat yang baik dari baja karbon dan juga harganya relatif murah. Namun demikian baja karbon tersebut mengalami kerusakan akibat interaksi dengan lingkungan yang korosif karena tingginya kandungan garam dalam air laut. Pengendalian korosi baja karbon dilakukan untuk meningkatkan umur pakai baja karbon dalam lingkungan laut. Salah satu metoda pengendalian korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Penggunaan inhibitor korosi merupakan metode pengendalian korosi yang relatif lebih murah dibandingkan metode pengendalian korosi lainnya. Tujuan penelitian ini adalah melakukan kajian pengendalian korosi baja karbon dalam air laut dengan menggunakan inhibitor antibiotik amoxicillin kadaluarsa. Kajian dilakukan dengan metode perendaman berdasarkan ASTM G-31-72. Kajian dilakukan pada berbagai variasi konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman. Parameter yang diukur dalam kajian ini adalah kehilangan berat logam, laju korosi, efisiensi inhibisi, dan mekanisme inhibisi. Tahapan penelitian dimulai dari preparasi spesimen, preparasi inhibitor, perendaman sampel dalam inhibitor, pengambilan data, dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inhibitor maka laju korosi semakin menurun. Sedangkan semakin lama waktu perendaman maka laju korosi semakin meningkat. Sementara efisiensi inhibisi meningkat dengan peningkatan konsentrasi inhibitor amoxicillin. Efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh sebesar 64,8517% yang dicapai pada konsentrasi amoxicillin 250 ppm dan waktu perendaman 25 hari.

**Kata kunci**— antibiotik, amoxicillin, inhibitor, korosi, baja karbon, air laut

**Abstract**— The use of carbon steel as a construction material is increasing nowadays because of the good properties of carbon steel and its relatively cheap price. However, carbon steel is damaged due to interaction with a corrosive environment due to the high salt content in seawater. Carbon steel corrosion control is carried out to increase the service life of carbon steel in the marine environment. One method of controlling corrosion is to use corrosion inhibitors. The use of corrosion inhibitors is a corrosion control method that is relatively cheaper than other corrosion control methods. This research aims to study the control of carbon steel corrosion in seawater using the expired antibiotic inhibitor amoxicillin. The study was carried out using the immersion method based on ASTM G-31-72. The study was carried out at various inhibitor concentrations and soaking times. The parameters measured in this study are metal weight loss, corrosion rate, inhibition efficiency, and inhibition mechanism. The research stages start from specimen preparation, inhibitor preparation, immersing the sample in the inhibitor, data collection, and data analysis. The research results show that the higher the inhibitor concentration, the corrosion rate decreases. Meanwhile, the longer the soaking time, the more the corrosion rate increases. While the inhibition efficiency increased with increasing concentrations of the inhibitor amoxicillin. The highest inhibition efficiency was obtained at 64.8517% which was achieved at an amoxicillin concentration of 250 ppm and an immersion time of 25 days.

**Keywords**— antibiotics, amoxicillin, inhibitors, corrosion, carbon steel, seawater

## I. PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai bahan konstruksi karena harganya lebih murah. Hampir 88% baja karbon digunakan dalam berbagai industri dan lingkungan, antara lain industri kimia, petrokimia, oil dan gas, food, kertas, dan marine [1-4]. Namun baja karbon dilaporkan mengalami korosi akibat interaksi dengan lingkungan yang korosif. Oleh karena itu korosi pada baja karbon harus dikendalikan dan dihambat laju korosinya.

Inhibitor korosi adalah suatu zat yang ditambahkan dalam jumlah yang sedikit ke dalam lingkungan untuk menghentikan laju korosi. Ini adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengontrol laju korosi.

Berbagai jenis inhibitor telah digunakan dalam menghambat laju korosi, yang umumnya terdiri dari senyawa-senyawa anorganik yang antara lain berbasiskan nitrit dan kromat yang umumnya bersifat racun dan tidak ramah lingkungan sehingga penggunaannya terbatas. Oleh karena

itu kajian pengendalian korosi yang ramah lingkungan menjadi tema yang menarik untuk diinvestigasi dewasa ini.

Kajian pengembangan inhibitor korosi yang ramah lingkungan menjadi subjek penelitian dari para investigator pada saat sekarang. Berbagai bahan alami yang diasumsikan ramah lingkungan dan secara komposisi kimia dapat berfungsi untuk menghambat korosi telah dikaji dan dilakukan investigasi laboratorium efektivitasnya. Senyawa-senyawa organik yang memiliki moleku-molekul rantai panjang dipelajari karena sifat adsorpsinya dipermukaan logam yang dapat melapisi material logam sehingga lingkungan korosif tidak berinteraksi secara langsung dengan logamnya.

Kajian menunjukkan bahwa bahan-bahan organik rantai panjang mengandung atom-atom oksigen, nitrogen dan sulfur dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi [5, 6]. Kajian juga menunjukkan bahwa berbagai ekstrak bahan alami telah digunakan sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan dan dapat menurunkan laju korosi secara signifikan [7, 8].

Penggunaan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor korosi terhadap baja karbon dalam lingkungan crude oil telah dilakukan pada variasi konsentrasi ekstrak daun pepaya dan waktu perendaman. Hasil kajian menunjukkan bahwa ekstrak daun pepaya mampu menghambat laju korosi baja karbon dalam media korosif crude oil dengan efisiensi inhibisi hingga 65,54% [9].

Kajian juga telah dilakukan terhadap efektivitas enceng gondok terhadap laju korosi baut kapal dari bahan baja dalam lingkungan laut dan memberikan hasil bahwa penambahan ekstrak eceng gondok 12 % memberikan laju penurunan korosi yang terendah [10].

Selain dari ekstrak dedaunan, kajian juga dilakukan terhadap ekstrak kulit kayu dan buah-buahan. Kajian terhadap ekstrak kulit buah nipah sebagai inhibitor korosi baja karbon ST37 dalam lingkungan laut memberikan efektivitas inhibisi sebesar 81,65% pada konsentrasi ekstrak 30% dan waktu perendaman selama 12 hari [11].

Berbagai kajian inhibitor korosi ramah lingkungan yang telah dilakukan, lebih terfokus terhadap pemanfaatan ekstrak dari daun, buah dan kulit pohon yang mengandung senyawa-senyawa organik rantai panjang yang dapat teradsorpsi dipermukaan logam sehingga menghambat interaksi secara langsung antara lingkungan korosif dengan logam sehingga korosivitas logam berkurang [12-15].

Namun demikian kajian inhibitor korosi dari bahan-bahan organik rantai panjang lainnya belum banyak dilakukan kajiannya. Salah satu bahan organik tersebut adalah dari bahan obat-obatan. Bahan obat-obatan antibiotik merupakan bahan yang mengandung komposisi kimia organik rantai panjang sehingga dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi [16, 17].

Antibiotik amoxicillin merupakan salah satu jenis obat antibiotik yang merupakan senyawa organik banyak digunakan di Indonesia [18-20]. Penggunaan obat-obat antibiotik termasuk amoxicillin memiliki waktu pakai yang tertentu sebagai batas kadaluarsa obat. Kajian menunjukkan bahwa jumlah obat antibiotik yang kadaluarsa masih cukup banyak, sehingga harus dimusnahkan. Namun demikian dari struktur molekul antibiotik amoxicillin merupakan senyawa organik rantai panjang yang tersusun dari atom-atom O, N, dan S pada pusat aktifnya, yang secara teoritis dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi [21, 22]. Namun kajian pemanfaatan obat-obatan antibiotik kadaluarsa sebagai inhibitor organik belum banyak dilakukan kajian. Oleh karena itu penelitian ini akan mengkaji efektivitas antibiotik amoxicillin kadaluarsa sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam lingkungan air laut.

Kajian dilakukan untuk mempelajari efektivitas antibiotik amoxicillin kadaluarsa sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam lingkungan laut. Penelitian dilaksanakan dengan memvariasikan konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman. Laju korosi baja karbon dan efisiensi inhibisi amoxicillin dihitung dengan menggunakan metode kehilangan berat.

## A. Tinjauan Pustaka

### 1. Korosi

Korosi adalah kerusakan logam yang disebabkan oleh interaksi dengan lingkungannya. Ini terjadi secara alami dan tidak dapat dicegah. Proses korosi dapat menyebabkan banyak masalah. Di antara masalah tersebut adalah pecahnya peralatan karena korosi, yang membuatnya tidak dapat digunakan lagi sebagai bahan konstruksi dan harus diganti

dengan yang baru; pecahnya peralatan bertekanan dan/atau bersuhu tinggi karena korosi, yang tidak hanya merusak peralatan tetapi juga membahayakan keselamatan; dan bocornya peralatan, seperti pipa, tangki, dll., sehingga mereka tidak dapat berfungsi dengan baik. Kelelahan logam yang dibebani gaya dan lingkungan korosif juga disebabkan oleh korosi [23]. Bocor atau rusaknya peralatan juga mengakibatkan kontaminasi produk atau fluida kerja oleh fluida atau bahan-bahan lain, serta senyawa korosi yang menyebabkan kontaminasi. Bocor atau rusaknya peralatan juga merugikan proses produksi, menyebabkan kehilangan produk berharga, dan bahkan membahayakan lingkungan karena bahan berbahaya tetap ada di lingkungan. Hilangnya estetika konstruksi karena produk korosi yang menempel padanya.

Pengkajian yang menghitung biaya langsung yang dikeluarkan pengguna sebagai akibat dari korosi telah dilakukan di beberapa negara maju dan menemukan bahwa kerugian ekonomi akibat korosi sangat besar. Sebagai contoh, pengkajian menunjukkan bahwa kerugian di Amerika Serikat mencapai 276 miliar dolar, atau hampir 3,1% dari Produk Domestik Negara (GDP), yang merupakan jumlah yang sangat besar dan pada tahun 2011 meningkat menjadi USD 2,2 triliun [24]. Kajian kerugian korosi di China pada tahun 2015 menunjukkan angka USD 310 miliar atau setara dengan 3,34% GDP negara China [25]. Menurut Asosiasi Korosi Indonesia (Indocor), kerugian ekonomi akibat korosi di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 3,5% dari PDB nasional, meskipun belum ada penelitian yang mendalam tentang dampak korosi di Indonesia [26]. Secara global kerugian ekonomi korosi pada tahun 2013 diperkirakan sebesar 3,4% dari GDP masing-masing negara atau sekitar USD 2,5 Triliun [27]. Kerugian secara ekonomi yang demikian besar, menyebabkan korosi harus dikendalikan. Salah satu metoda pengendalian korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi dalam lingkungan korosif.

### 2. Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi merupakan suatu bahan yang ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan, memiliki kemampuan untuk menghambat atau memperlambat laju korosi logam. Secara khusus, inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang, ketika ditambahkan ke dalam lingkungan tertentu, memiliki kemampuan untuk menurunkan laju penyerangan lingkungan terhadap logam. Jumlah yang ditambahkan, baik secara berkala maupun secara berkala pada suatu interval waktu tertentu, sebenarnya sangat kecil [28]. Mekanisme inhibitor korosi dalam menghambat laju korosi dapat dibedakan melalui tahapan berikut.

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, tetapi dapat mencegah serangan lingkungan terhadap logam.
2. Inhibitor dapat mengendap dan teradsorpsi pada permukaan logam, melindunginya dari korosi, melalui pengaruh lingkungan seperti pH.
3. Logam terlebih dahulu dikorosi oleh inhibitor, menghasilkan zat kimia yang kemudian membentuk lapisan pasif pada permukaan logam melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi.
4. Konstituen yang agresif ditiadakan dari lingkungan oleh inhibitor.

Kajian terhadap inhibitor korosi ramah lingkungan banyak dilakukan pada saat ini, karena inhibitor tersebut tersusun dari molekul-molekul organik rantai panjang sehingga aman digunakan terhadap lingkungan dan secara ekonomi lebih murah investasinya. Kajian-kajian yang dilakukan menunjukkan bahwa ekstrak bahan alam seperti ekstrak tumbuh-tumbuhan, buah-buahan, kulit kayu, dan obat-obatan dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi pada berbagai kondisi lingkungan dan logam dengan efisiensi yang tinggi [29-32]. Namun kajian terhadap antibiotik khususnya amoxicillin yang telah kadaluarsa belum banyak dikaji sebagai inhibitor korosi.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang penggunaan antibiotik amoxicillin kadaluarsa sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan pada baja karbon dalam lingkungan air laut dilakukan dengan metode kehilangan berat sesuai dengan ASTM G-31. Proses pelaksanaan penelitian seperti diuraikan berikut ini.

### A. Bahan dan Peralatan

Dalam penelitian ini, plat baja karbon digunakan sebagai logam yang akan dikorosikan, air laut digunakan sebagai media korosif. Selain itu juga digunakan bahan aquades dan kertas abrasif silikon karbida dengan ukuran 400, 600, 800, 1000, dan 1200 grit. Alat uji korosi, wadah, jangka sorong, dan neraca analitik merupakan peralatan yang digunakan dalam penelitian..

### B. Pengujian Laju Korosi

Pada penelitian ini digunakan pelat baja karbon dengan dimensi 50 x 13 x 1,4 mm dan dilengkapi lubang untuk meletakkan kawat gantung. Pelat baja karbon diampelas dengan amplas 400-1200 grit. Untuk menghitung luas permukaan diukur panjang, lebar, tebal dan diameter lubang pelat baja karbon. Berat awal plat baja karbon ( $W_0$ ) ditimbang sebelum direndam dalam air laut dengan waktu perendaman dan konsentrasi inhibitor amoxicillin yang berbeda. Di akhir waktu perendaman, logam baja karbon dikeluarkan dan dibersihkan dengan HCl encer untuk menghilangkan produk korosi yang menempel. Sampel kemudian dibersihkan dan dikeringkan sebelum ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir ( $W_1$ ). Penelitian ini dilakukan tiga kali pengulangan sampel.

### C. Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi

Pengukuran laju korosi dilakukan dengan rumus :

$$r = \frac{534 W}{D A t} \tag{1}$$

Dimana :  $r$  = laju korosi, mpy  
 $W$  = kehilangan berat, ( $W_0 - w_1$ ), mg  
 $D$  = densitas logam baja karbon, g/cm<sup>3</sup>  
 $A$  = luas permukaan, in<sup>2</sup>  
 $t$  = waktu perendaman, jam

Perhitungan Efisiensi Inhibisi

Efisiensi inhibisi dihitung dengan persamaan :

$$\text{Efisiensi inhibisi (\%)} = \frac{r_{\text{uninhibited}} - r_{\text{inhibited}}}{r_{\text{uninhibited}}} \times 100 \% \tag{2}$$

Dimana :

$r_{\text{uninhibited}}$  : Laju korosi pada sistem yang tidak terinhibisi.

$r_{\text{inhibited}}$  : Laju korosi pada sistem yang terinhibisi

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pemanfaatan antibiotik amoxicillin kadaluarsa sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan pada baja karbon dalam lingkungan air laut diuraikan berikut ini.

### A. Analisa Komposisi Logam

Tabel 1 menunjukkan hasil dari analisis komposisi logam yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Politeknik Manufaktur Bandung.

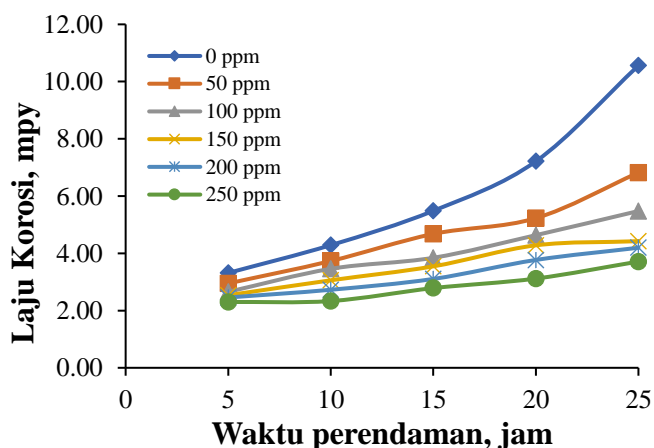
Tabel 1 Analisa Komposisi Logam

No.	Unsur / Element	Wt. %
1.	Carbon (C)	0,051
2.	Silicon (Si)	0,006
3.	Sulfur (S)	0,015
4.	Phosphorus (P)	0,008
5.	Manganese (Mn)	0,208
6.	Nickel (Ni)	0,02
7.	Chromium (Cr)	0,01
8.	Molybdenum (Mo)	0,019
9.	Copper (Cu)	0,025
10.	Titanium (Ti)	0,001
11.	Tin (Sn)	0,001
12.	Aluminium (Al)	0,035
13.	Plumbun/Lead (Pb)	0,0013
14.	Ferro/Iron (Fe)	99,603

Komposisi logam menunjukkan kandungan karbon sebesar 0,051%, yang menunjukkan bahwa logam termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Di sisi lain, jumlah paduan yang membentuk baja karbon kurang dari 2%, sehingga baja karbon yang diteliti merupakan baja karbon rendah paduan rendah.

### B. Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi

Pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi baja karbon dalam lingkungan air laut dengan penambahan inhibitor korosi antibiotik amoxicillin diperlihatkan pada Gambar 1.



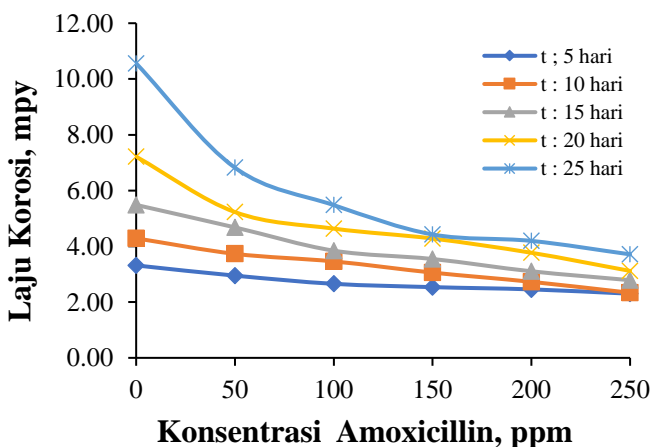
Gambar 1. Pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi

Dari Gambar 1 terlihat bahwa laju korosi baja karbon dalam lingkungan laut meningkat dengan semakin lama waktu

perendaman pada setiap konsentrasi inhibitor. Dari Gambar 1 terlihat bahwa pada waktu 5 hari laju korosi baja karbon sebesar 3,3144 mpy dan dengan peningkatan waktu perendaman selama 25 hari maka laju korosi baja karbon meningkat menjadi 10,5604 mpy tanpa penggunaan inhibitor korosi. Demikian juga dengan penggunaan inhibitor korosi amoxicillin, dengan perendaman baja karbon selama 5 hari dalam air laut dengan konsentrasi inhibitor 250 ppm laju korosi baja karbon sebesar 2,2994 mpy dan dengan lama waktu perendaman selama 25 hari laju korosi meningkat hingga 3,7118 mpy. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu perendaman maka kontak langsung antara baja karbon dengan lingkungannya semakin intens, sehingga baja karbon terkorosi lebih cepat. Kehadiran inhibitor antibiotik amoxicillin menghambat laju korosi, namun laju korosi juga meningkat dengan peningkatan waktu perendaman.

**C. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor**

Pengaruh konsentrasi inhibitor amoxicillin terhadap laju korosi diberikan pada Gambar 2. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi inhibitor amoxicillin maka laju korosi semakin menurun. Tanpa penggunaan inhibitor amoxicillin, laju korosi baja karbon dalam lingkungan air laut dengan waktu perendaman 25 hari sebesar 10,5604 mpy, dengan penambahan inhibitor korosi 50 ppm, laju korosi baja menurun sampai 6,8189 mpy dan dengan penambahan konsentrasi inhibitor amoxicillin 250 ppm laju korosi baja karbon dalam air laut menurun hingga 3,1778 mpy. Hal ini terjadi pada setiap parameter waktu perendaman. Hal ini dapat dijelaskan bahwa amoxicillin sebagai inhibitor organik, bersifat sebagai inhibitor presipitasi, dimana molekul-molekul organik rantai panjang yang terdapat pada amoxicillin akan mengendap dipermukaan baja karbon dengan mekanisme adsorpsi, sehingga membentuk lapisan tipis dipermukaan logam yang mengurangi interaksi secara langsung antara logam dengan lingkungannya sehingga menghambat laju korosi. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor antibiotik amoxicillin, maka lapisan yang terbentuk semakin banyak sehingga menutup permukaan logam, yang mengakibatkan penurunan laju korosi.

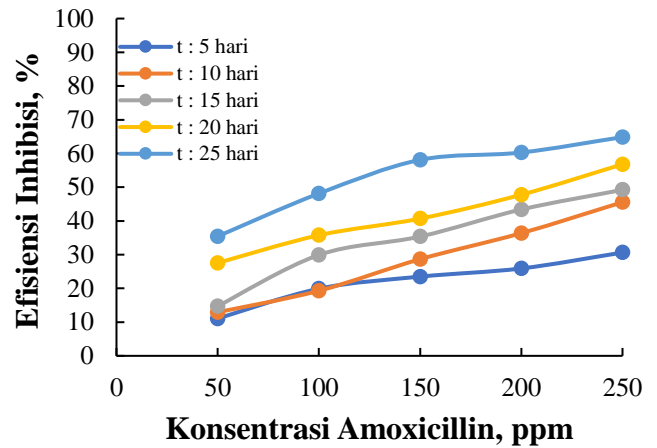


Gambar 2. Pengaruh konsentrasi inhibitor antibiotik amoxicillin

**D. Efisiensi Inhibisi**

Efisiensi inhibisi antibiotik amoxicillin sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam lingkungan laut diperlihatkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa efisiensi inhibisi

antibiotik amoxicillin meningkat dengan peningkatan konsentrasi inhibitor. Dari gambar tersebut juga menjelaskan kecenderungan peningkatan efisiensi inhibisi juga terjadi dengan waktu perendaman yang berbeda. Efisiensi inhibisi maksimum yang dicapai adalah sebesar 64,8517% yang diperoleh pada konsentrasi inhibitor amoxicillin 250 ppm dan waktu perendaman 25 hari. Hal ini disebabkan karena mekanisme inhibitor menutup permukaan logam melalui mekanisme adsorpsi dimana semakin tinggi konsentrasi inhibitor, maka permukaan logam yang tertutup semakin banyak, yang menurunkan laju korosi baja karbon, sehingga efisiensi inhibitor juga semakin meningkat



Gambar 3. Efisiensi inhibisi amoxicillin

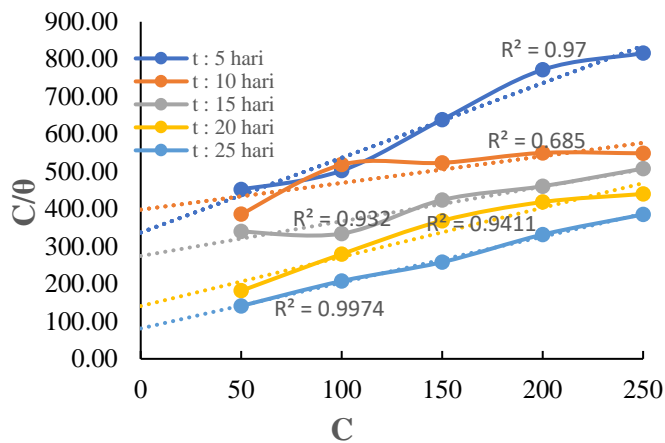
**E. Mekanisme Adsorpsi**

Para ahli telah mengembangkan berbagai gagasan untuk mempelajari cara inhibitor mencegah laju korosi. Dengan cara yang sama, gagasan yang dikembangkan dapat digunakan untuk mempelajari cara antibiotik inhibitor amoksisilin menghentikan laju korosi baja karbon. Dalam studi mekanisme kerja inhibitor, postulat Langmuir sering digunakan dimana postulat ini menyatakan bahwa lapisan adsorpsi inhibitor pada permukaan logam adalah tunggal atau monolayer.

Data yang dihasilkan dianalisis dan diplot menggunakan pendekatan berbasis hipotesis. Jika grafik yang dihasilkan mengikuti postulat Langmuir, maka antibiotik amoxicillin mencegah interaksi langsung baja karbon dengan lingkungannya dengan membentuk satu lapisan pada permukaan logam.

Gambar 4 menunjukkan plot data hasil penelitian dengan postulat Langmuir. Data menyatakan bahwa pada semua parameter konsentrasi inhibitor menunjukkan kecenderungan terjadi garis lurus yang menunjukkan bahwa inhibitor amoxicillin teradsorpsi pada permukaan baja karbon dan membentuk satu lapisan di atasnya.





Gambar 4. Grafik persamaan Isoterm Langmuir inhibitor amoxicillin pada baja karbon dalam air laut

IV. KESIMPULAN

Amoxicillin kadaluarsa dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam media air laut. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor amoxicillin, maka laju korosi mengalami penurunan.

Semakin lama waktu perendaman, maka laju korosi semakin meningkat. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor amoxicillin, maka efisiensi inhibisi semakin meningkat. Efisiensi yang paling tinggi diperoleh adalah sebesar 64,8517% yang diperoleh pada konsentrasi inhibitor amoxicillin sebesar 250 ppm dan waktu perendaman selama 25 hari.

REFERENSI

[1] M. Nasution, *Karakteristik Baja Karbon Terkorosi Oleh Air Laut*. Buletin Utama Teknik. Vol. 14, (1): p. 68-75, 2018.

[2] N.S. Syafei, *Analisa Fenomena Korosi Pelat Pipa Baja Karbon Api 5l-X65 Dalam Larutan 250 Ml Asam Asetat Dan 4750 Ml Aquades Pada Kondisi Gas Co2 Dan H2s Jenuh Pada Suhu Ruang*. EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA. Vol. 18, (02): p. 113-120, 2017.

[3] N. Lolong, et al., *Studi Mekanisme Kerusakan Tube Reformier Pada Industri Petrokimia*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 5, (2): p. B369-B373, 2016.

[4] A. Royani, *Pengaruh Suhu Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Dalam Media Air Laut*. Jurnal Simetrik. Vol. 10, (2): p. 344-349, 2020.

[5] N. Mulyaningsih, S. Mujiarto, and G. Ubaydillah, *Pengaruh Daun Jambu Biji sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal*. Journal of Mechanical Engineering. Vol. 3, (1): p. 36-42, 2019.

[6] Y. Stiadi, et al., *Inhibisi Korosi Baja Ringan Menggunakan Bahan Alami Dalam Medium Asam Klorida*. Jurnal Riset Kimia. Vol. 10, (1): p. 51-65, 2019.

[7] H. Simanjuntak, E. Ginting Suka, and S. Suprihatin, *Pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kopi dan waktu perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon AISI 1020 dalam larutan NaCl 3%*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Vol. 7, (2): p. 239-248, 2019.

[8] H.V. Hermanta, et al., *Pemanfaatan Tanin Kulit Kayu Mahoni Sebagai Inhibitor Korosi Pada Besi dalam Larutan NaCl 3, 5%*. ChemPro. Vol. 2, (02): p. 12-17, 2021.

[9] M.L. Taqwa, I. Irwan, and P. Pardi, *Penggunaan Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon Dalam Lingkungan Crude Oil*. Jurnal Teknologi. Vol. 21, (1): p. 6-11, 2021.

[10] N. Mulyaningsih, C. Pramono, and R.T. Prasetyo, *Pengaruh penambahan inhibitor organik ekstrak eceng gondok terhadap laju korosi*. Journal of Mechanical Engineering. Vol. 2, (2): p. 39-45, 2018.

[11] U. Ulikaryani, I. Fadlilah, and U.S. Jati, *Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulit Buah Nipah sebagai Green Corrosion Inhibitor terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon ST37*. Jurnal Rekayasa Mesin. Vol. 17, (3): p. 495-502, 2022.

[12] M.A. Sultan, et al., *Penggunaan Ekstrak Tembakau Sebagai Inhibitor Pada Beton Bertulang Menggunakan Pasir Laut Dan Air Laut*. TERAS JURNAL: Jurnal Teknik Sipil. Vol. 10, (1): p. 17-26, 2020.

[13] G. Dimarzio, et al., *Aplikasi Kulit Buah Nanas Sebagai Inhibitor Korosi pada Baja di Lingkungan NaCl 3, 5%*. ChemPro. Vol. 1, (02): p. 39-44, 2020.

[14] S.A. Akbar, et al., *Pemanfaatan Ekstrak Bunga Dadap Merah (Erythrina Crista-Galli L) sebagai Inhibitor Korosi pada Logam Fe*. KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia. Vol. 5, (2): p. 1-6, 2022.

[15] A. Purniawan, *Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulitbuah Jeruk Dan Kulitbuah Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon Dalam Media NaCl 3, 5%*. Jurnal Sains Materi Indonesia. Vol. 17, (1): p. 29-33, 2018.

[16] R. Narang, et al., *Electrochemical and surface study of an antibiotic drug as sustainable corrosion inhibitor on mild steel in 0.5 M H2SO4*. Journal of Molecular Liquids. Vol. 384: p. 122277, 2023.

[17] A.M. El-Shamy and S.M. Mounier, *Medicinal materials as eco-friendly corrosion inhibitors for industrial applications: A review*. Journal of Bio-and Tribo-Corrosion. Vol. 9, (1): p. 3, 2023.

[18] A. Wulandari and C.Y. Rahmawardany, *Perilaku Penggunaan Antibiotik di Masyarakat*. Sainstech Farma: Jurnal Ilmu Kefarmasian. Vol. 15, (1): p. 9-16, 2022.

[19] F.J. Trisia, D. Sagita, and S. Pratama, *Evaluasi penggunaan antibiotik dengan metode ATC/DDD dan DU 90% di dua Puskesmas Kota Jambi periode 2017-2018*. JOURNAL OF HEALTHCARE TECHNOLOGY AND MEDICINE. Vol. 6, (1): p. 125-138, 2020.

[20] A.P. Tama and I.L. Hilmi, *LITERATUR REVIEW: PENGETAHUAN MASYARAKAT TERHADAP RESISTEN PENGGUNAAN OBAT ANTIBIOTIK*. Jurnal Pemberdayaan dan Pendidikan Kesehatan (JPPK). Vol. 2, (01): p. 9-16, 2022.

[21] R.J. Aziz, *Study of some drugs as corrosion inhibitors for mild steel in 1 MH2so4 solution*. Int. J. Curr. Res. Chem. Pharm. Sci. Vol. 3, (12): p. 1-7, 2016.

[22] V. Emrani, M. Zandi, and H. Asadollahzadeh, *The inhibitory effect of amoxicillin on aluminum corrosion in a gel electrolyte*. Int. J. Electrochem. Sci. Vol. 17, (22084): p. 2, 2022.

[23] R. Pérez-Mora, et al., *Very high cycle fatigue of a high strength steel under sea water corrosion: A strong corrosion and mechanical damage coupling*. International Journal of Fatigue. Vol. 74: p. 156-165, 2015.

[24] C. Verma, E.E. Ebenso, and M.A. Quraishi, *Ionic Liquids as Green Corrosion Inhibitors for Industrial Metals and Alloys*, in *Green Chemistry*. 2018, IntechOpen.

[25] B. Hou, et al., *The cost of corrosion in China*. npj Materials Degradation. Vol. 1, (1): p. 4, 2017.

[26] I. Irwan, *STRATEGI PENGENDALIAN UNTUK MEMINIMALISASI DAMPAK KOROSI*. Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi. Vol. 6, (1), 2008.

[27] G. Koch, *I - Cost of corrosion*, in *Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies*, A.M. El-Sherik, Editor. 2017, Woodhead Publishing: Boston. p. 3-30.

[28] B.D.B. Tiu and R.C. Advincula, *Polymeric corrosion inhibitors for the oil and gas industry: Design principles and mechanism*. Reactive and Functional Polymers. Vol. 95: p. 25-45, 2015.

[29] G. Ji, et al., *Musa paradisica peel extract as green corrosion inhibitor for mild steel in HCl solution*. Corrosion Science. Vol. 90: p. 107-117, 2015.

[30] N. Odewunmi, S. Umoren, and Z. Gasem, *Utilization of watermelon rind extract as a green corrosion inhibitor for mild steel in acidic media*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 21: p. 239-247, 2015.

[31] M.V. Fiori-Bimbi, et al., *Corrosion inhibition of mild steel in HCL solution by pectin*. Corrosion Science. Vol. 92: p. 192-199, 2015.

[32] K. Azzaoui, et al., *Eco friendly green inhibitor Gum Arabic (GA) for the corrosion control of mild steel in hydrochloric acid medium*. Corrosion Science. Vol. 129: p. 70-81, 2017.