

## **ANALISIS LAJU KOROSI MATERIAL ASTM A105N DI MEDIA AIR REVERSE OSMOSIS DENGAN GREEN INHIBITOR**

**Sri Pudjiwati <sup>1)\*</sup>, I Gusti Ayu Arwati <sup>2)</sup>**

<sup>1,2)</sup>Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana,  
Jakarta, Indonesia

*\*Corresponding Author: pudjiwati@gmail.com*

### **ABSTRAK**

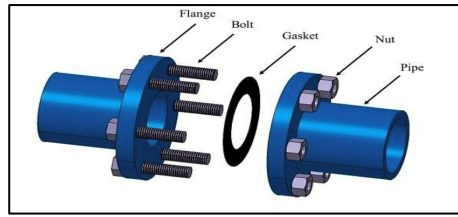
Baja ASTM A105N merupakan baja karbon yang memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan korosi. Material ini banyak digunakan dalam produksi komponen *valve* yang berfungsi mengalirkan fluida baik cair maupun gas. Pengujian *hydrotest* dilakukan untuk mengetahui ketahanan *valve* terhadap kebocoran dengan media air *Reverse Osmosis* (RO). Setelah dilakukan pengujian terdapat indikasi terdapat sisa air RO pada celah *flange* yang berpotensi terjadinya korosi. Maka diperlukan proteksi korosi pada komponen tersebut dengan menambahkan inhibitor alami, yang salah satunya ekstrak bunga kembang sepatu yang memiliki sifat alami dalam memproteksi akan potensi korosi celah pada komponen *flange*. Penelitian ini bertujuan menganalisis laju korosi dan morfologi *inhibitor* dalam pencegahan korosi, dengan metode pengujian elektrokimia melalui polarisasi potensio dinamik dan mikroskopi. Hasil pengujian elektrokimia menunjukkan bahwa penggunaan inhibitor alami secara keseluruhan dapat dikatakan efektif dalam memperlambat laju korosi. Pada perendaman 24 jam dengan konsentrasi 10 gram memiliki efektivitas inhibitor konsisten dalam memperlambat laju korosi, dengan nilai tafel slope anodik (Ba) 520,83 mV dan katodik (Bc) 513,21 mV. Kemudian jika dilihat secara mikroskopi konsentrasi inhibitor 10 gram memberikan hasil terbaik, dengan struktur yang lebih homogen dan pengurangan area korosi yang signifikan, menunjukkan kemampuan untuk membentuk lapisan pelindung pasif yang efektif dalam meminimalkan laju korosi.

**Kata kunci:** *Laju Korosi, A105N, Air RO, Inhibitor Alami*

### **1. PENDAHULUAN**

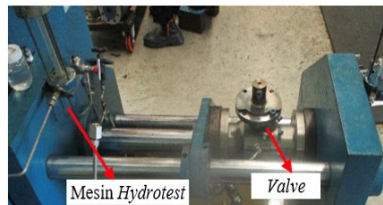
#### **1.1 Latar Belakang**

Baja ASTM A105N merupakan baja karbon sedang dengan perlakuan normalisasi yang memiliki sifat mekanik yang baik, yang memiliki kestabilan sifat mekanik terutama kekuatan dengan sifat anti korosi, dengan kekuatan tarik minimum 485 MPa, kekuatan yield 250 MPa, elongasi 22%, dan ketangguhan serta ketahanan retak akibat tekanan (ASTM 2021). Material ini dibuat tahan terhadap tekanan, suhu rendah, dan tahan karat dibandingkan dengan material yang sejenis, material ini juga banyak digunakan dalam produksi komponen pipa (Mariami 2019) dengan tekanan tinggi melalui penempaan, diantaranya *flange* pada komponen *valve* (Hakimian, Bouzid, and Hof 2024). *Flens* atau *flange* merupakan komponen dari katup pada sistem pemipaan yang memiliki fungsi sebagai penghubung katup dengan pipa secara stabil dan aman (Perry 2008).



Gambar 1. *Flange*

Sebagai bagian dari komponen katup selalu dialiri fluida baik cair maupun gas, tentunya akan terjadi tekanan akan aliran fluida tersebut yang menekan ke segala arah, terutama bagian sambungan dari katup dan pipa. Oleh karena itu, diperlukan suatu jaminan bahwa sambungan antara katup dan pipa ini bebas dari kebocoran. Salah satu cara memastikan kebocoran sambungan ini dilakukan pengujian *hydrotest* pada komponen katup terutama *flange*. Ketika dilakukan pengujian ini, komponen katup diberikan tekanan tinggi dan direndam dengan air RO yaitu air yang memiliki kandungan rendah mineral, untuk memastikan tidak terjadi kebocoran, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2. *Hydrotest*

Pada proses *hydrotest* terindikasi potensi proses pengkaratan sebagai efek dari perendaman yang disebabkan adanya sisa air RO yang terjebak pada celah antara *flange* dengan pipa, yang dapat mempengaruhi fungsi dari komponen katup ini akibat kebocoran yang disebabkan oleh korosi. Air RO, udara, dan material saling bereaksi menghasilkan produk oksidasi berupa karat, jika terus menerus dan biarkan akan mengakibatkan kebocoran pada sistem katup. Korosi merupakan proses alami yang terjadi dan tidak bisa dindari pada material logam karena reaksi elektrokimia dengan media atau lingkungan (Fontana, M.G., Greene 1986). Hal ini terjadi karena logam terpapar udara dimana terjadi kelembaban dan polutan yang menyebabkan korosi (Arwati and Ifani 2022). Salah satu jenis korosi yang rentan terjadi pada *flange* adalah korosi celah (*crevice corrosion*), hal ini terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi oksigen yang terkadi pada celah-celah (Kelly and States 2018).



Gambar 3. Korosi Celah pada *Flange* (Kölblinger et al. 2022)

Dari fenomena saat pengujian *hydrotest* pada *flange* yang berpotensi terjadi korosi pada celah antara katup dengan pipa, perlu dilakukan pencegahan korosi

terhadap komponen tersebut, yang salah satunya penggunaan inhibitor. Inhibitor merupakan zat kimia yang ditambahkan dalam kandungan tertentu ke lingkungan korosif guna melindungi logam dari korosi dan menekan proses terjadinya korosi (R. Winston Revie 2008). Proteksi korosi dengan menggunakan inhibitor ini banyak diterapkan dan diaplikasikan perlindungan pada komponen bermaterial logam. Oleh karena itu, seiring berkembangnya penelitian ditemukan suatu proteksi korosi yang alami, yaitu penggunaan *green inhibitor* yang memiliki sifat ramah lingkungan dan lebih ekonomis (Rahmaniah et al. 2023). Salah satu *green inhibitor* yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstra bunga sepatu.



Gambar 4. Bunga Sepatu (Latha et al. 2024)

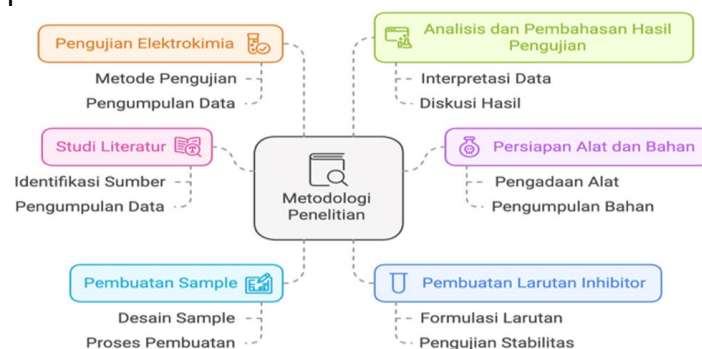
Bahan ini memiliki senyawa organik yang dapat mencegah korosi yaitu senyawa Flafonoid dan Tanin yang memiliki sifat anti oksidan membantu memberikan lapisan dan perlindungan logam dari oksidasi (Stashenko 2023). Selain itu juga bunga sepatu ini memiliki sifat anti mikroba yang dapat melakukan pencegahan korosi secara mikrobiologis (Khan et al. 2019). Dengan sifat alami dari bunga sepatu ini, peneliti memandang perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan inhibitor alami ini dalam proteksi akan potensi korosi celah pada komponen *flange* dengan material ASTM A105N.

## 1.2 Tujuan Penelitian

**Tujuan penelitian** dalam makalah ini adalah menganalisis laju korosi pada material ASTM A105N pada media air RO dengan *green inhibitor* pada variasi konsentrasi menggunakan pengujian elektrokimia dan menganalisis morfologi permukaan inhibitor secara mikroskopi.

## 2. METODE

Metode penelitian ini adalah menggunakan Metode Pengujian Elektrokimia melalui polarisasi potensi dinamik untuk mengetahui dan menganalisis laju korosi dan Metode Mikroskopi dalam menganalisis visual morfologi dan kandungan kimia yang terkandung pada permukaan inhibitor.



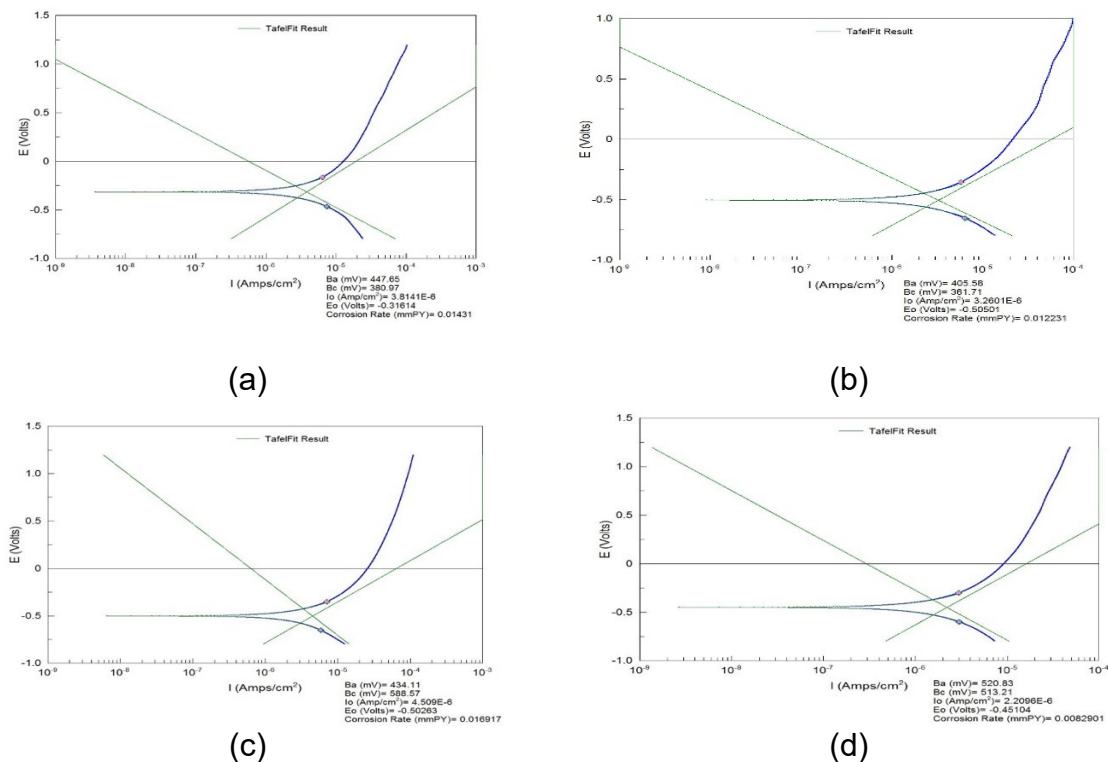
Gambar 5. Diagram Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap pengujian dengan variasi waktu perendaman sampel 24 jam, 120 jam, dan 240 jam pada konsentrasi inhibitor 2 gram, 6 gram, dan 10 gram sebagaimana terdapat pada gambar 5. di atas yaitu: 1) Tahap persiapan yaitu persiapan alat dan bahan yang digunakan pada pengujian laju korosi menggunakan alat Potensiostat dan Mikroskop. 2) Pembuatan larutan inhibitor yaitu melakukan formulasi larutan inhibitor bunga sepatu dan air RO dengan konsentrasi inhibitor 2 gram, 6 gram dan 10 gram. 3) Pembuatan sampel material ASTM A105N dengan ukuran 20 mm x 10 mm x 2,5 mm. 4) Studi literatur dengan mengidentifikasi sumber dan pengumpulan data penelitian penggunaan inhibitor alami dalam menghambat korosi, serta penggunaan pengujian elektrokimia dan mikroskopi. 5) Pengujian elektrokimia potensiostatik dan mikroskopi untuk menganalisis laju korosi dan morfologi lapisan inhibitor. 6) Analisis dan pembahasan dan diskusi hasil pengujian berupa interpretasi data hasil pengujian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian Laju Korosi

##### 1. Perendaman sampel 24 jam

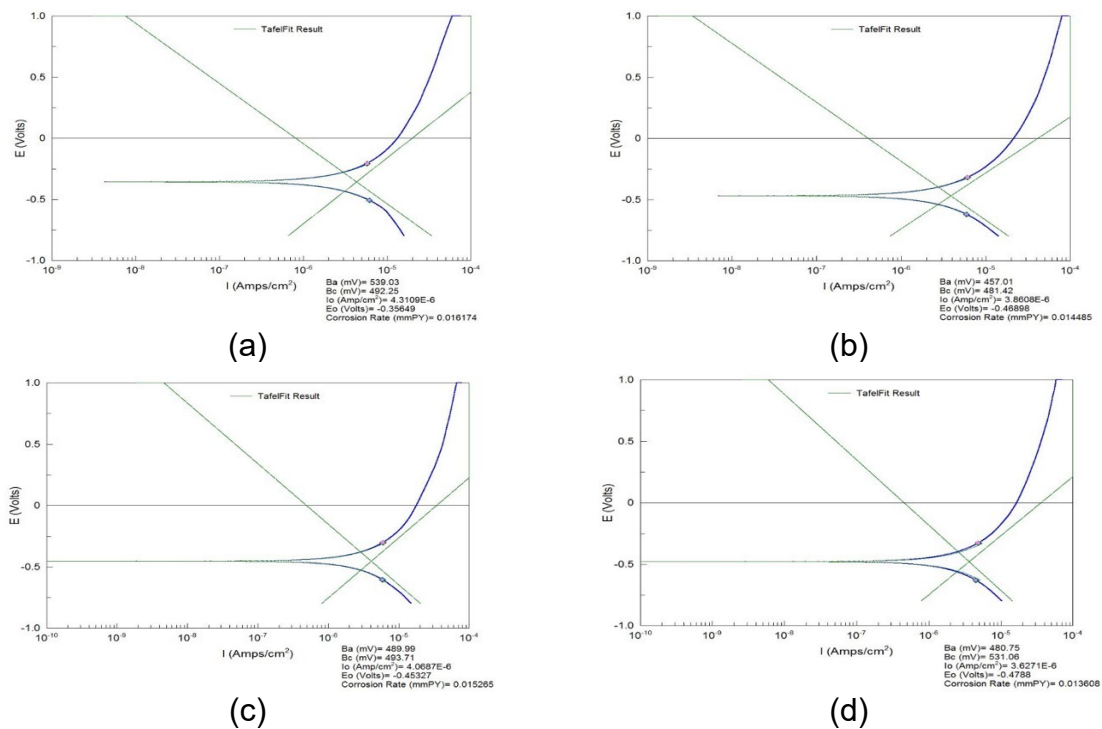


Gambar 6. Tafel Fit Sampel dengan perendaman 24 jam (a) Tanpa inhibitor, (b) Konsentrasi inhibitor 2 gr, (c) Konsentrasi inhibitor 6 gr, dan (d) Konsentrasi inhibitor 10 gr.

Gambar 6. menunjukkan polarisasi potensiostatik dan pembacaan hasil pengukuran laju korosi dengan perendaman 24 jam pada sampel tanpa inhibitor dan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 2 gram, 6 gram, dan 10 gram. Berdasarkan parameter yang terdapat pada TafelFit pada gambar di atas, nilai anodic tafel slope (Ba) tanpa inhibitor = 447.65 mV, dengan inhibitor 2 gram = 405.58 mV, 6 gram =

434.11 mV, dan 10 gram = 520.83 mV. Nilai  $B_a$  pada perendaman 24 jam dengan konsentrasi inhibitor 2 gram, 6 gram, dan 10 gram memiliki nilai semakin besar, maka reaksi oksidasi semakin lambat seiring peningkatan konsentrasi inhibitor, dengan kata lain variasi konsentrasi inhibitor dapat mempengaruhi pencegahan reaksi korosi pada material A105N. Sedangkan dilihat nilai tafel slope katodik ( $B_c$ ) tanpa inhibitor = 380.97 mV, dengan inhibitor 2 gram sebesar 361.71 mV, 6 gram sebesar 588.57 mV, dan 10 gram = 513.21 mV. Semakin besar nilai  $B_c$  maka reaksi reduksi relatif lambat, namun pada konsentrasi 2 gram mengalami penurunan yang menandakan terdapat percepatan reaksi reduksi yang diduga akibat terciptanya ion-ion yang korosif pada larutan. Dari data tersebut dapat disimpulkan efektivitas inhibitor dalam mencegah korosi pada material A105N meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi inhibitor, seperti yang terlihat dari penurunan nilai anodic Tafel slope ( $B_a$ ) dan perlambatan reaksi oksidasi. Selain itu, meskipun nilai Tafel slope katodik ( $B_c$ ) pada sampel dengan inhibitor lebih besar dibandingkan tanpa inhibitor, menandakan bahwa inhibitor mampu mengurangi reaksi reduksi, variasi konsentrasi inhibitor menunjukkan efektivitas dalam memperlambat laju korosi, meskipun kontribusi terhadap perlambatan reaksi reduksi tidak sekuat pada reaksi oksidasi.

## 2. Perendaman sampel 120 jam

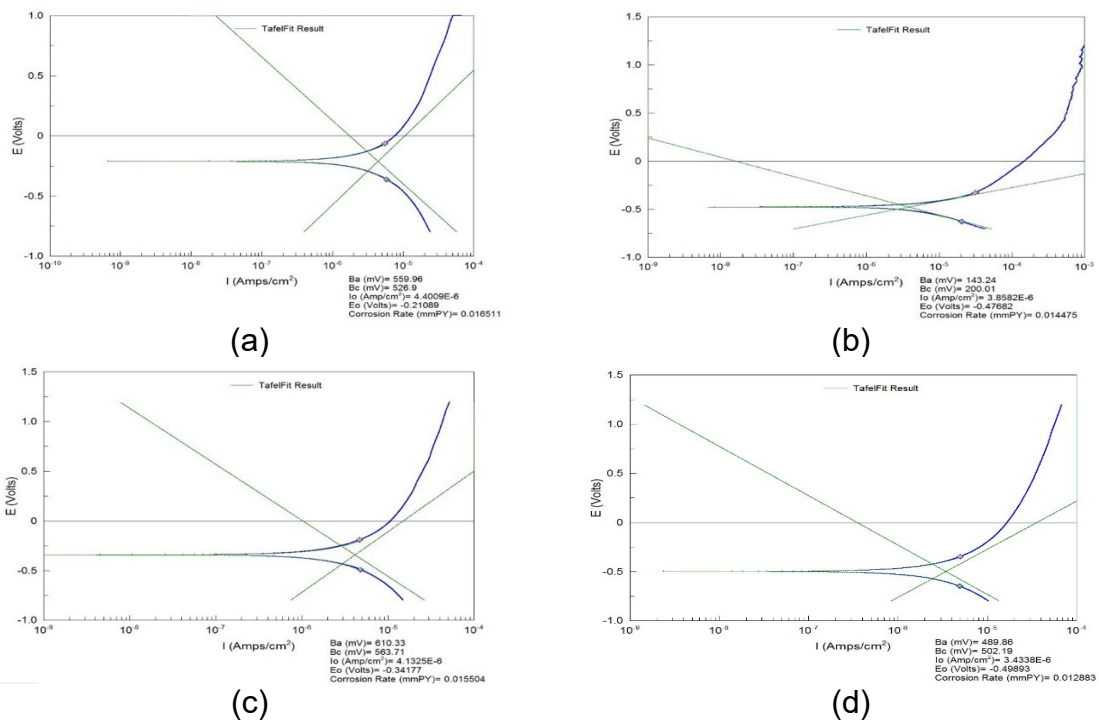


Gambar 7. Tafel Fit Sampel dengan perendaman 120 jam (a) *Tanpa inhibitor*, (b) *Konsentrasi inhibitor 2 gr*, (c) *Konsentrasi inhibitor 6 gr*, dan (d) *Konsentrasi inhibitor 10 gr*.

Gambar 7. menunjukkan polarisasi potensiodinamik dan pembacaan hasil pengukuran laju korosi dengan perendaman 120 jam pada sampel tanpa inhibitor dan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 2 gram, 6 gram, dan 10 gram. Berdasarkan parameter yang terdapat pada TafelFit pada gambar di atas, nilai anodic tafel slope ( $B_a$ ) tanpa inhibitor = 539.03 mV, dengan inhibitor 2 gram = 457.01 mV, 6 gram = 489.99 mV, dan 10 gram = 480.75 mV. Nilai  $B_a$  pada perendaman 120 jam dengan

konsentrasi inhibitor 2 gram, 6 gram, dan 10 gram memiliki nilai yang tidak stabil, hal ini diduga terjadi perubahan PH larutan dan waktu perendaman dapat mempengaruhi pelapisan inhibitor. Sedangkan dilihat nilai tafel slope katodik ( $B_c$ ) tanpa inhibitor = 492.25 mV, dengan inhibitor 2 gram sebesar 481.42 mV, 6 gram sebesar 493.71 mV, dan 10 gram = 513.06 mV. Semakin besar nilai  $B_c$  maka reaksi reduksi relatif lambat, inhibitor ini dapat mengurangi reaksi reduksi walaupun tidak sekuat reaksi oksidasi. Data pengujian menunjukkan efektivitas inhibitor pada perendaman 120 jam dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan dan perubahan kondisi larutan, seperti pH dan waktu perendaman. Nilai anodic Tafel slope ( $B_a$ ) menunjukkan ketidakstabilan, yang mungkin disebabkan oleh perubahan pelapisan inhibitor. Sementara itu, nilai Tafel slope katodik ( $B_c$ ) cenderung lebih tinggi dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor, terutama pada 10 gram, menunjukkan pengurangan laju reaksi reduksi. Namun, pada konsentrasi 6 gram, terjadi penurunan nilai  $B_c$  yang mengindikasikan percepatan reaksi reduksi akibat kemungkinan pembentukan ion-ion korosif.

### 3. Perendaman sampel 240 jam

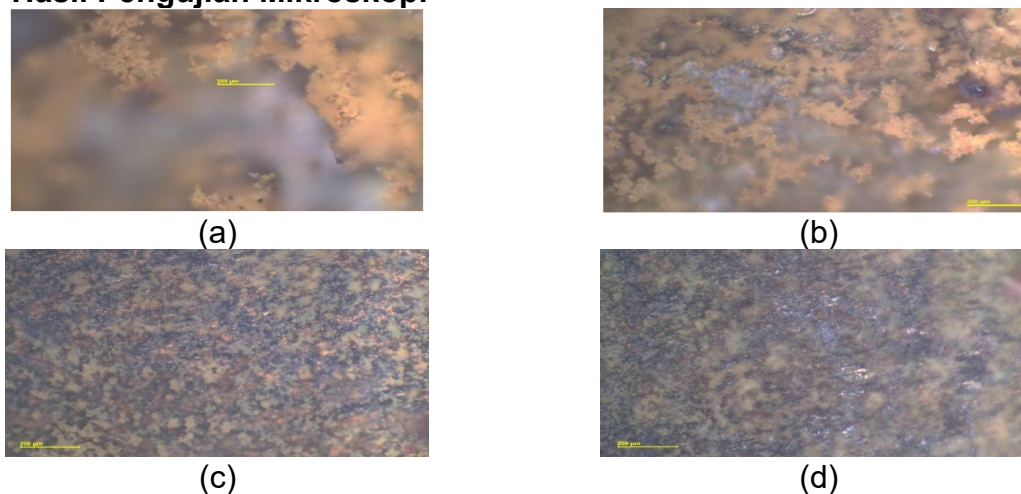


Gambar 8. Tafel Fit Sampel dengan perendaman 240 jam (a) *Tanpa inhibitor*, (b) *Konsentrasi inhibitor 2 gr*, (c) *Konsentrasi inhibitor 6 gr*, dan (d) *Konsentrasi inhibitor 10 gr*.

Gambar 8. menunjukkan polarisasi potensiostatik dan pembacaan hasil pengukuran laju korosi dengan perendaman 240 jam pada sampel tanpa inhibitor dan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 2 gram, 6 gram, dan 10 gram. Berdasarkan parameter yang terdapat pada TafelFit pada gambar di atas, nilai anodic tafel slope ( $B_a$ ) tanpa inhibitor = 559.96 mV, dengan inhibitor 2 gram = 143.24 mV, 6 gram = 610.33 mV, dan 10 gram = 489.86 mV. Nilai  $B_a$  pada perendaman 240 jam dengan konsentrasi inhibitor 2 gram dan 10 gram mengalami peningkatan maka reaksi oksidasi semakin lambat seiring peningkatan konsentrasi inhibitor, dengan kata lain

variasi konsentrasi inhibitor dapat mempengaruhi pencegahan reaksi korosi, walaupun pada konsentrasi inhibitor 6 gram menunjukkan peningkatan dari sampel tanpa inhibitor. Sedangkan dilihat nilai tafel slope katodik ( $B_c$ ) tanpa inhibitor = 526.90 mV, dengan inhibitor 2 gram sebesar 200.01 mV, 6 gram sebesar 463.71 mV, dan 10 gram = 502.19 mV. Nilai  $B_c$  pada perendaman 240 jam dengan konsentrasi inhibitor 2 gram, 6 gram, dan 10 gram memiliki nilai semakin meningkat, maka reaksi reduksi relatif lambat seiring peningkatan konsentrasi inhibitor, dengan kata lain variasi konsentrasi inhibitor dapat dikatakan inhibitor ini dapat mengurangi reaksi reduksi walaupun tidak sekuat reaksi oksidasi. Data pengujian menunjukkan efektivitas inhibitor dalam mencegah korosi pada perendaman 240 jam sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan. Nilai anodic Tafel slope ( $B_a$ ) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi inhibitor, terutama pada 2 gram dan 10 gram, mampu memperlambat reaksi oksidasi secara signifikan, meskipun pada konsentrasi 6 gram terdapat anomali berupa peningkatan nilai dibandingkan sampel tanpa inhibitor. Di sisi lain, nilai Tafel slope katodik ( $B_c$ ) menunjukkan tren peningkatan pada konsentrasi inhibitor 2 gram, 6 gram, dan 10 gram, yang mengindikasikan perlambatan reaksi reduksi seiring bertambahnya konsentrasi inhibitor. Variasi konsentrasi inhibitor dapat dianggap efektif dalam mengurangi laju korosi, terutama melalui penghambatan reaksi oksidasi, meskipun terdapat beberapa ketidakkonsistenan pada konsentrasi tertentu.

### 3.2 Hasil Pengujian Mikroskopi



Gambar 9. Pengujian mikroskop dengan skala pembesaran 100 x pada sampel dengan konsentrasi inhibitor (a) Tanpa inhibitor, (b) 2 gram, (c) 6 gram, dan (d) 10 gram

Hasil pengujian mikroskopi menunjukkan bahwa efektivitas inhibitor korosi meningkat seiring bertambahnya konsentrasi inhibitor yang digunakan. Pada gambar 9.(a) sampel tanpa inhibitor, permukaan didominasi oleh warna keabu-abuan dengan bercak oranye yang mengindikasikan korosi signifikan akibat pembentukan oksida  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang tidak terkendali. Gambar 9.(b) sampel dengan konsentrasi inhibitor 2 gram, mulai terlihat adanya perlindungan, meskipun produk korosi masih terbentuk dan penyebarannya belum sepenuhnya terhambat. Kemudian pada gambar 9.(c) sampel dengan konsentrasi 6 gram, struktur kristalin menjadi lebih kecil dan merata dengan warna abu-abu kebiruan dan coklat kemerahan, menunjukkan terbentuknya lapisan pelindung yang lebih efektif meskipun belum sepenuhnya mencegah korosi. Gambar 9.(d) menunjukkan sampel dengan konsentrasi inhibitor 10 gram memberikan hasil terbaik, dengan struktur yang lebih homogen dan pengurangan area korosi yang signifikan, menunjukkan kemampuan untuk membentuk lapisan pelindung pasif yang efektif dalam meminimalkan laju korosi.

## 4 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian sampel material ASTM A105N dengan inhibitor alami pada variasi konsentrasi inhibitor dan waktu, serta pengujian mikroskopi dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan inhibitor dapat dikatakan efektif dalam memperlambat laju korosi, dimana peningkatan konsentrasi inhibitor berbanding lurus dengan efektivitasnya dalam melindungi material dari korosi. Pada pengujian elektrokimia potensio dinamik, didapat bahwa perendaman 24 jam dengan konsentrasi inhibitor 10 gram memiliki efektivitas inhibitor konsisten dalam memperlambat reaksi oksidasi dan reduksi, dan memberikan hasil terbaik dalam mengurangi laju korosi yaitu nilai tafel slope anodik ( $B_a$ ) 520,83 mV dan katodik ( $B_c$ ) 513,21 mV. Kemudian hasil pengujian mikroskopi menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor 10 gram memberikan hasil terbaik, dengan struktur yang lebih homogen dan pengurangan area korosi yang signifikan, membentuk lapisan pelindung pasif yang efektif dalam meminimalkan laju korosi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arwati, I. Gusti Ayu, and Febrina Ifani. 2022. "Corrosion Rate Analysis of JIS G-3141 Steel for Automotive Inner Wheel House Production with Weight Loss Method." *World Chemical Engineering Journal* 6(1):1. doi: 10.48181/wcej.v6i1.14377.
- ASTM, International. 2021. *Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications*. United State.
- Fontana, M.G., Greene, N. D. 1986. *Corrosion Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Hakimian, Soroosh, Abdel Hakim Bouzid, and Lucas A. Hof. 2024. "Effect of Gap Size on Flange Face Corrosion." *Materials and Corrosion* (March):1–18. doi: 10.1002/maco.202414367.
- Kelly, R. G., and United States. 2018. *Localized Corrosion: Crevice Corrosion*. Elsevier.
- Khan, Ishrat Mahmood, Rafia Rahman, Ayesha Mushtaq, and Meriam Rezgui. 2019. "Hibiscus Rosa-Sinensis L. ( Malvaceae ): Distribution , Chemistry and Uses." (January 2017).
- Kölblinger, A. P., S. S. M. Tavares, C. A. Della Rovere, and A. R. Pimenta. 2022. "Failure Analysis of a Flange of Superduplex Stainless Steel by Preferential Corrosion of Ferrite Phase." *Engineering Failure Analysis* 134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106098>.
- Latha, Balakrishnan, Kaliyaperumal Kavitha, and Susai Rajendran. 2024. "Inhibition of Corrosion of Mild Steel in Simulated Oil Well Water by Aqueous Extract of Hibiscus Rosa-Sinensis Flower." *Materials Protection* 65(1):86–96. doi: 10.62638/ZasMat1005.
- Mariami, Titries Adistantria. 2019. "Analisis Laju Korosi Dan Lifetime Pipa Astm A105 Dengan Inhibitor, Perbandingan Dan, Nano Cro, Na." (2656):254–59.
- Perry, Don W. Green and Robert H. 2008. *PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK*. 8th Editio. New York: McGraw-Hill.
- R. Winston Revie, Herbert H. Uhlig. 2008. *Corrosion and Corrosion Control*. Vol. 288. Fourth Edi. United State: A John Wiley & Sons, Inc.
- Rahmaniah, R., S. R. A. Rani, K. Abidin, and ... 2023. "Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami Ekstrak Limbah Kulit Jagung Terhadap Laju Korosi Material Baja St 37 Dalam Medium Nacl 3%." *Teknosains: Media ...* 116–27.
- Stashenko, Elena E. 2023. "In Hibiscus Rosa - Sinensis Cultivars."