

Efektivitas Pemakaian Inhibitor Campuran Senyawa Phosphat-Nitrit Terhadap Ketahanan Korosi Logam *Stainless Steel* 304 pada Air Laut

Nyoman Sri Widari

Teknik Industri, Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya, Surabaya, Indonesia

*nyoman.widari@ukdc.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Nyoman Sri Widari. 2023. Efektivitas Pemakaian Inhibitor Campuran Senyawa Phosphat-Nitrit Terhadap Ketahanan Korosi Logam *Stainless Steel* 304 Pada Air Laut. *Journal of Research and Technology* Vol. 9 No. 2 Desember 2023: Page 109–117.

Abstract

Corrosion is metal damage due to chemical reactions with its environment. The complex electrochemical reactions that occur can result in damage or degradation of the metal, producing undesirable compounds that can reduce the quality of the metal. The impact of the corrosion process experienced by metal will affect additional production costs, maintenance, and repairs, as well as reducing equipment efficiency. Losses due to corrosion also affect many sectors, including the security and safety sector, the industrial sector, the economic sector, and environmental damage. Corrosion prevention can be done by adding inhibitors; with proper corrosion control, it can reduce losses caused by the corrosion process. The aim of this research is to determine the effectiveness of using a mixture of phosphate and nitrite compound inhibitors on the corrosion resistance of stainless steel 304 metal in sea water. The research was carried out using the potentiostat polarization method, with the independent variables in this study being the concentration of trisodium phosphate (50, 100, 150, and 200 ppm) and sodium nitrite concentration (500, 600, 700, and 800 ppm) with an average seawater NaCl content of 3.5%. Meanwhile, the dependent variables are corrosion rate and inhibitor efficiency. From the research results, it can be concluded that the combination of 800 ppm sodium nitrite and 50 ppm trisodium phosphate is the best combination because the corrosion rate obtained is 0.0013 mpy or the inhibitor effectiveness reaches 99.3987%, which is the greatest.

Keywords: Mixed Inhibitors, Nitrite-Phosphate, Corrosion, *Stainless Steel*.

Abstrak

Korosi merupakan kerusakan logam karena adanya reaksi kimia dengan lingkungannya. Reaksi elektrokimia kompleks yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan atau degradasi pada logam akan menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki sehingga dapat menurunkan kualitas dari logam. Dampak dari proses korosi yang dialami logam akan berpengaruh terhadap biaya tambahan produksi, perawatan

dan perbaikan serta menurunnya efisiensi peralatan. Kerugian akibat korosi juga berpengaruh di banyak sektor yang meliputi sektor keamanan dan keselamatan, sektor industri, sektor ekonomi, kerusakan lingkungan. Pencegahan korosi dapat dilakukan dengan penambahan inhibitor, dengan pengendalian korosi yang tepat dapat mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh proses korosi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pemakaian inhibitor campuran senyawa fosfat dan nitrit terhadap ketahanan korosi logam stainless steel 304 pada air laut. Penelitian dilakukan dengan metode polarisasi potensiostat, dengan variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi trinitrium fosfat (50, 100, 150, dan 200 ppm) dan konsentrasi natrium nitrit (500, 600, 700, dan 800 ppm) dengan kadar NaCl air laut rata-rata 3,5%. Sedangkan variabel terikatnya adalah laju korosi dan efisiensi inhibitor. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan dengan kombinasi natrium nitrit 800 ppm dan trinitrium fosfat 50 ppm merupakan kombinasi yang paling baik karena laju korosi diperoleh 0,0013 mpy atau efektivitas inhibitor mencapai 99,3987 % yang paling besar.

Kata Kunci: *Inhibitor Campuran, Nitrit-Phosphat, Korosi, Stainless Steel.*

1. Pendahuluan

Material logam merupakan salah satu jenis bahan konstruksi yang banyak digunakan untuk menunjang pemenuhan kehidupan manusia. Pemakaian logam paduan sangat luas mulai dari pemakaian bahan konstruksi bangunan, peralatan transportasi, peralatan pertanian, peralatan industri dan sebagainya. Karena kemanafaatannya sangat banyak dalam menunjang kehidupan manusia tentunya logam paduan harus memiliki kriteria tertentu pada masing masing penggunaannya. Salah satu dari kriteria penting dalam pemilihan logam adalah ketahanannya terhadap korosi. Dalam pemakaian logam sangat rentan mengalami proses korosi yang dapat menyebabkan berkurangnya umur logam.

Korosi merupakan kerusakan logam karena adanya reaksi kimia dengan lingkungannya. Reaksi elektrokimia kompleks yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan atau degradasi pada logam akan menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki sehingga dapat menurunkan kualitas dari logam. Korosi tidak dapat dihindari karena begitu logam kontak dengan lingkungannya sudah mengalami proses korosi secara perlahan tapi pasti (Fontana, 1986). Penyebab terjadinya korosi bisa dari materialnya sendiri seperti kemurnian bahan, struktur bahan, unsur unsur penyusup yang ada pada bahan dan lainnya serta faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, kelembaban suhu serta keberadaan senyawa senyawa kimia lainnya yang bersifat korosif yang ada disekitar material tersebut (Syaiful dkk., 2022). Lingkungan merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan pemilihan bahan karena dengan lingkungan yang berbeda laju kerusakan yang ditimbulkan akibat korosi juga akan berbeda (Setiawan, 2019; Sumarji, 2011).

Dampak dari proses korosi yang dialami logam akan berpengaruh terhadap biaya tambahan produksi, perawatan dan perbaikan serta menurunnya efisiensi peralatan. Kerugian akibat korosi juga berpengaruh di banyak sektor yang meliputi sektor keamanan dan keselamatan, sektor industri, sektor ekonomi, kerusakan lingkungan dan sosial dan (Fontana, 1989).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menekan terjadinya proses korosi adalah dengan memperlambat laju korosi menggunakan bahan kimia anti korosi yang disebut inhibitor korosi. Inhibitor bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan material dimana lapisan molekuler yang terbentuk merupakan ikatan yang sangat kuat. Pemakaian inhibitor dalam jumlah yang kecil saja jika dimasukkan ke dalam lingkungan yang korosif akan dapat mengambat laju korosi sehingga dapat memberikan perlindungan yang luas bagi logam.

Inhibitor korosi sangat banyak dikembangkan dan mudah diaplikasikan sehingga mampu memberikan perlindungan bagi material logam terhadap serangan korosi dari lingkungan sehingga dapat menghemat biaya akibat korosi (Akrom, 2022; Haryono dkk., 2010). Inhibitor merupakan masalah yang sangat penting dalam menangani proses korosi maka dalam pemilihannya harus disesuaikan dengan kondisi logam maupun lingkungan. Pemilihan inhibitor haruslah selektif sehingga pemakaiannya dapat efektif dan efisien. Inhibitor ada yang berupa senyawa-senyawa organik seperti monoamine, amida, asetat, oleat dan senyawa amfoter lainnya, serta ada juga yang berupa senyawa-senyawa anorganik seperti kromat, nitrit, silikat dan fosfat.

Beberapa penelitian tentang pemakaian inhibitor senyawa tunggal yang menggunakan natrium nitrit maupun natrium phosphate diantaranya (Juanda dkk., 2022) melakukan kajian inhibitor natrium nitrit untuk mengendalikan laju korosi pada *stainless steel* 304 dengan pemberian inhibitor 500 ppm dapat memberikan efisiensi 68,1758% sedangkan (Khani, 2018) menggunakan inhibitor nitrit 600 ppm pada logam stainless steel diperoleh efisiensi penurunan laju korosi 45%, dan (Selvia, 2004) menggunakan inhibitor natrium fosfat 50 ppm pada baja tulangan beton mampu membentuk lapisan pelindung dengan efektifitas mencapai 94,4% dan menurut (Wulan dkk., 2022) pemakaian inhibitor nitrat ternyata lebih efektif dibandingkan dengan inhibitor fosfat untuk melindungi logam seng dan aluminium pada media biodiesel.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan semuanya menggunakan jenis inhibitor tunggal, untuk itu peneliti mencoba menggunakan inhibitor campuran dari fosfat dan nitrit untuk perlindungan logam *stainless steel* 304 pada media air laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat memberikan karya tentang efektivitas inhibitor campuran senyawa fosfat dan senyawa nitrit terhadap penurunan laju korosi yang ditimbulkan oleh air laut bagi material logam *stainless steel* 304.

Korosi terjadi karena adanya lingkungan korosif dalam hal ini dipilih air laut selain mengandung garam NaCl dengan kadar yang cukup tinggi menurut wikipedia yaitu rata-rata sekitar 3,5%, juga mengandung garam-garam lain yang terlarut, serta partikel-partikel tanah dan oksigen yang terlarut dan sisanya adalah air sehingga menyebabkan lingkungan air laut bersifat korosif terhadap material logam.

Natrium nitrit (NaNO_2) yang berupa senyawa berbentuk kristal putih dipilih sebagai bahan inhibitor anorganik yang efektif dalam mencegah terjadinya korosi baik untuk baja karbon maupun *stainless steel* pada lingkungan garam NaCl . Sedangkan senyawa fosfat yang dipilih adalah senyawa trinitrium phosphate (Na_3PO_4) berupa senyawa padat yang juga memiliki sifat sebagai inhibitor karena memiliki gugus aktif. Pemakaian inhibitor fosfat keefektifannya masih lebih rendah dibandingkan dengan natrium nitrit (Selvia dkk., 2004). Namun dengan pemakaian campuran kedua bahan ini pada ratio tertentu diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam menurunkan laju korosi pada *stainless steel* 304 yang lebih baik.

Material logam *stainless steel* adalah material logam yang terkenal dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi, ketahanan korosi tinggi dan kemampuan estetika yang tinggi sehingga penggunaannya sangat populer di banyak industri seperti di industri otomotif, industri pengolahan makanan dan minuman, peralatan medis, konstruksi, peralatan dapur, hiasan interior dan sebagainya. *Stainless steel* 304 merupakan jenis baja tahan karat *austenitic* dengan komposisi 8,1% Ni; 18,24% Cr; 0,049% Si; 0,006% S; 0,034% P; 1,19% Mn; 0,042% C dan sisanya adalah Fe. *Stainless steel* juga mempunyai sifat mekanik yang hebat seperti: kekerasan 82 HRB, *elongation* 50%; *yield strength* 270 Mpa; dan kekuatan tarik 646 Mpa (Sumarji, 2011). Walaupun *stainless steel* merupakan logam tahan karat, namun masih bisa terjadi seperti uniform corrosion, pitting corrosion, crevice corrosion dan juga stress corrosion (Novita dkk., 2018).

2. Metode Penelitian

2.1 Variabel Penelitian

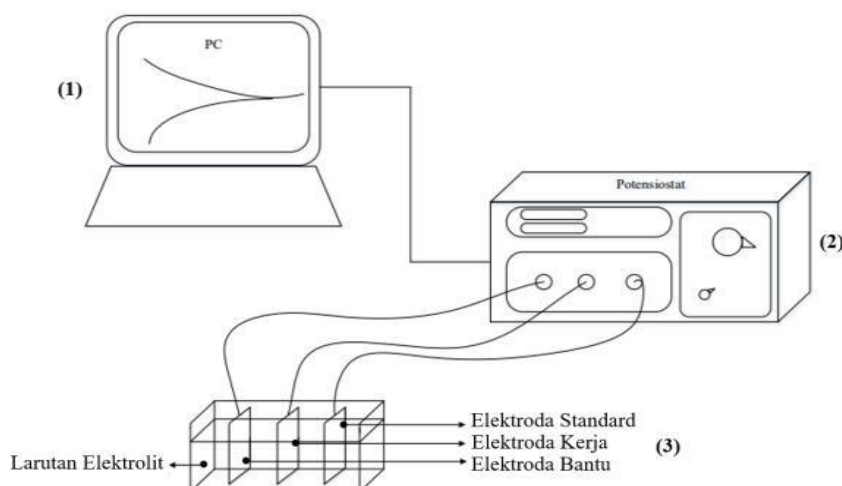
Variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi inhibitor trinitrium fosfat: 50; 100; 150 dan 200 (ppm) serta konsentrasi inhibitor natrium nitrit: 500; 600; 700 dan 800 (ppm). Sedangkan variabel terikatnya adalah laju korosi dan efisiensi inhibitor yang dapat dibaca langsung dari potensiostat. Variabel control dari penelitian ini adalah jenis material yaitu *stainless steel* 304 dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 0,15 cm, air laut sebagai media pengkorosif dimana dari wikipedia menyebutkan bahwa kadar NaCl pada air laut rata-rata 3,5%.

2.2 Bahan

Bahan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah trinitrium fosfat (Na_3PO_4), Natrium nitrit (NaNO_2), Natrium klorida (NaCl), *aquades*, *stainless steel* 304 yang berukuran 1 cm x 1 cm x 0,15 cm.

2.3 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperangkat alat uji potensiostat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Uji Potensiostat

Keterangan gambar:

1. Komputer
2. Alat potensiostat
3. Elektroda standard/elektroda kolomel; Elektroda uji/ plat stainless steel; elektroda bantu/ plat platina

2.4 Tahapan Penelitian

2.4.1 Tahap Preparasi Material Stainless Steel

Stainless steel 304 yang digunakan sebagai bahan uji atau elektroda kerja dipotong-potong dengan ukuran panjang 1 cm, lebar 1 cm dengan ketebalan 0,15 cm. Terlebih dahulu dilakukan pengamplasan agar permukaannya menjadi halus dengan menggunakan amplas grade 300-1000. Kemudian dilakukan pencucian menggunakan air, dilanjutkan menggunakan alkohol kemudian dikeringkan

2.4.2 Tahap Preparasi Larutan

Membuat media air laut dapat digunakan dengan melarutkan garam NaCl kedalam aquades. Untuk membuat larutan NaCl 3,5 % dilakukan dengan menimbang garam NaCl sebanyak 35 gram kemudian dimasukkan kedalam *beaker glass* dan ditambahkan aquades sampai diperoleh larutan 1000 ml.

Selanjutnya kedalam 1000 ml larutan NaCl 3,5% ditambahkan 50 gram trinitrium phosphate dan 500 gram natrium nitrit kemudian diaduk sampai homogen, sehingga diperoleh larutan dengan kadar 50 ppm Na_3PO_4 dan 500 ppm NaNO_2 dalam larutan NaCl 3,5% dan kemudian larutan siap untuk dimasukkan ke alat potensiostat. Selanjutnya dibuat larutan dengan kombinasi trinitrium phosphat dengan kadar 50, 100, 150, dan 200 ppm dengan natrium nitrit dengan kadar 500, 700, dan 800 ppm kedalam 1000 ml larutan NaCl 3,5%

2.4.3 Tahap Pengujian dengan Menggunakan Alat Uji Potensiostat

Larutan sampel yang telah dipersiapkan yaitu larutan NaCl yang telah diberi inhibitor natrium trifosfat dan natrium nitrit dengan kadar tertentu sesuai dengan variable yang telah ditentukan dimasukkan kedalam *beaker glass*. Kemudian plat bahan uji *stainless steel* dipasang

pada sel elektrokimia yang berhadapan dengan elektroda platina dan elektroda kolomel. Elektroda platina berfungsi membantu menghantarkan arus ke elektroda kerja, sedangkan elektroda kolomel sebagai pembanding dalam pengukuran potensial pada elektroda kerja. Kemudian alat uji potensiostat dinyalakan yang dikoneksikan dengan computer selanjutnya dimasukkan data-data waktu *scanning*, densitas sampel, dan luas permukaan sampel. Setelah itu akan muncul grafik dan parameter-parameter yang lainnya yang dapat menggambarkan hubungan antara potensial dengan log arus (I) beserta keterangan *corrosion rate*. Selanjutnya dengan melakukan pengulangan untuk variable yang lainnya.

Perhitungan Laju Korosi (CR) dengan persamaan:

$$CR = (W \times K) / (D \times A \times T) \quad (1)$$

Keterangan :

CR = *Corrosion rate (mpy)*

W = *Weight loss (gram)*

K = *Konstanta factor (mpy)*

D = *Density (gram/cm³)*

As = *Dimensi (cm²)*

T = *Exposure time (jam)*

Perhitungan Efisiensi Inhibitor (%IE) dengan persamaan:

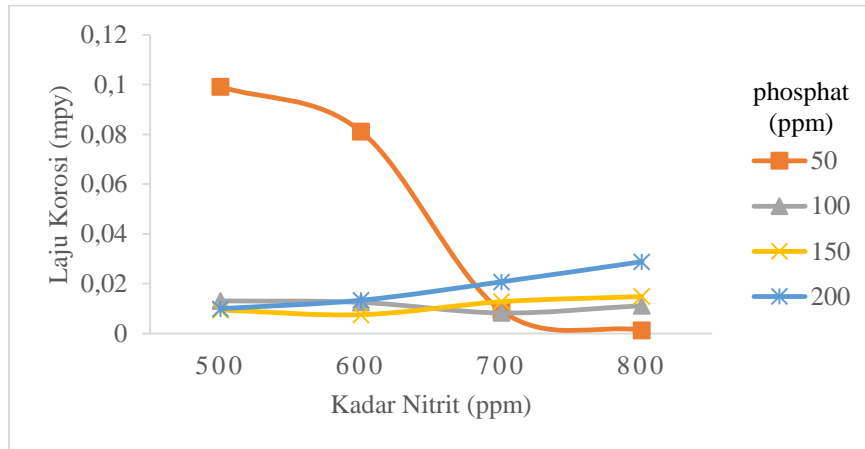
$$\% IE = [(CR \text{ blanko} - CR \text{ inhibitor}) / CR \text{ blanko}] \times 100\% \quad (2)$$

3. Hasil dan Diskusi

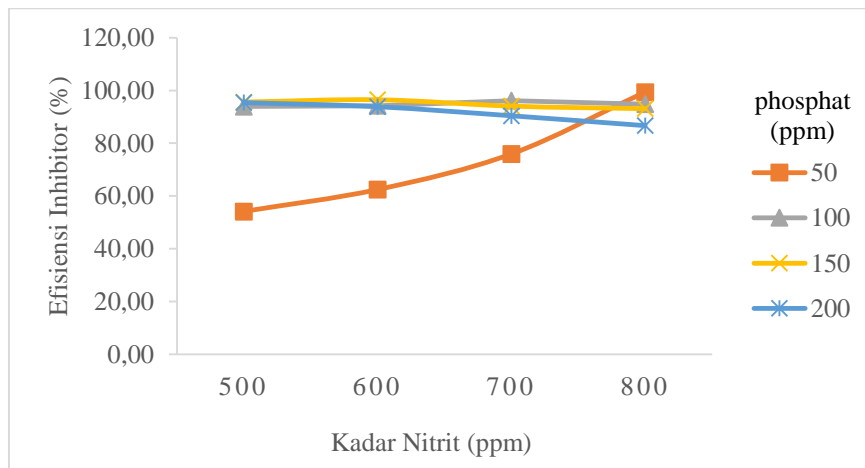
Penelitian menggunakan alat uji potensiostat dengan material uji logam *stainless steel* 304 dengan panjang 1 cm, lebar 1 cm dan tebal 0,15 cm pada medium air laut yang berkadar NaCl 3,5% dan pada temperatur ruang dimana setiap ran dilakukan 2 kali ulangan kemudian dirata-rata. Karena menggunakan alat uji potensiostat maka nilai dari laju korosi dan efisiensi inhibisi dapat langsung terbaca dikomputer. Secara umum hasil rata-rata laju korosi untuk semua kondisi mengalami penurunan yang signifikan bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan inhibitor. Dari hasil penelitian laju korosi tanpa menggunakan inhibitor adalah 0,2162 mpy sedangkan setelah menggunakan inhibitor campuran laju korosi tertinggi dicapai pada pemakaian dengan kombinasi 50 ppm trinitrium phosphat dan 500 ppm natrium nitrit yaitu 0,0992 mpy sedangkan laju korosi terendah 0,0013 mpy dicapai pada kombinasi 50 ppm trinitrium phosphat dan 800 ppm natrium nitrit, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Material *stainless steel* 304 merupakan salah satu jenis baja anti karat yang tahan terhadap serangan korosi merupakan logam yang terdiri dari besi, kromium, mangan, silicon, karbon, nikel. *Stainless steel* mengandung unsur paduan krom 17-19 % dan nikel 8% yang menyebabkan jenis logam ini tahan terhadap korosi karena kromium mampu membentuk lapisan pelindung anti korosi atau kromium oksida bersama dengan oksigen yang berasal dari udara maupun air. Korosi pada *stainless steel* adalah kromium oksida yang dapat terbentuk secara otomatis pada permukaan yang disebabkan karena afinitas kromium yang sangat tinggi untuk bereaksi dengan

oksigen sehingga membentuk lapisan kromium oksida yang bersifat pasif, melekat secara kuat pada permukaan logam serta dapat memperbaiki dirinya sendiri.



Gambar 2. Laju Korosi Logam *Stainless Steel* 304 pada Lingkungan Air Laut dengan Menggunakan Inhibitor Campuran Trinatrium Phosphat dan Natrium Nitrit



Gambar 3. Efisiensi Inhibisi Logam *Stainless Steel* 304 pada Lingkungan Air Laut dengan Menggunakan Inhibitor Campuran Trinatrium Phosphat dan Natrium Nitrit

Penelitian yang dilakukan oleh (Juanda dkk., 2022) dengan menggunakan inhibitor tunggal natrium nitrit pada *stainless steel* 304 mampu menurunkan laju korosi sebesar 0,0470 mpy atau dengan efisiensi 68,1758% yang berarti pemakaian inhibitor tunggal ini masih kurang efektif dilingkungan NaCl 3,5%. Sedangkan (Mandal dkk., 2020) menggunakan inhibitor ammonium phosphat mono basa dapat menurunkan laju korosi samapi 90% pada media NaCl 3,5% dan (Wulan dkk., 2022) mengatakan pemakaian inhibitor nitrit lebih efektif dibandingkan dengan inhibitor phosphat terhadap logam Zn dan Al dalam media biosolar. Dari penelitian penelitian tersebut ternyata pemakaian inhibitor tunggal kemampuan untuk menurunkan laju korosi masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan dengan pemakaian inhibitor campuran trinatrium phosphat dan natrium nitrit seperti yang terlihat dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 3 dimana diperoleh efisiensi inhibitor diatas 90% pada pemakaian

inhibitor campuran trinitrium fosfat (50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm) dan natrium nitrat 800 ppm.

Laju korosi terendah diperoleh dari inhibitor campuran trinitrium phosphate 50 ppm dan natrium nitrit 800 ppm dengan laju korosi 0,0013 mpy atau efektifitas inhibisinya mencapai 99,3987 %. Pada gambar 3 juga menunjukkan semakin besar kadar inhibitor yang ditambahkan efektifitasnya semakin besar hal ini disebabkan karena semakin banyak pelindung pasivasi terhadap logam uji *stainless steel* berupa oksida besi atau Fe_2O_3 yang terbentuk sehingga permukaan logam akan terlindungi dari serangan ion klorin yang berasal dari air garam, hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Juanda,2022; Hastuty,2019). Namun mulai pada kondisi tertentu secara perlahan efektifitasnya mengalami penurunan hal ini disebabkan karena lapisan pelindung yang terbentuk dapat menyebabkan korosi lokal pada logam yang dilindungi.

Pemakaian kedua jenis inhibitor ini saling menguatkan karena pada pemakaian inhibitor nitrit terjadi reaksi: $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{NO}^{2-} \rightarrow 2\text{NO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Pada reaksi ini inhibitor nitrit mengalami reaksi reduksi sehingga menghasilkan lapisan film Fe_2O_3 dan merupakan lapisan pasif yang dapat melindungi permukaan logam dari serangan korosi. Lapisan ini akan semakin homogen dengan naiknya konsentrasi nitrit. Sedangkan pada inhibitor fosfat akan terjadi reaksi: $4\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 6\text{Na}_2\text{O} + 4\text{PO}_4^{3-}$ selanjutnya $3\text{Fe} + \text{PO}_4 \rightarrow \text{Fe}_3\text{PO}_4$. Inhibitor fosfat teroksidasi membentuk natrium oksida dan ion fosfat, selanjutnya ion fosfat bereaksi dengan permukaan logam membentuk senyawa ferri fosfat atau Fe_3PO_4 dan menutupi celah-celah pada permukaan logam yang timbul akibat korosi sehingga proses korosi selanjutnya akan terhalang. Keefektifan senyawa fosfat dan nitrit sebagai inhibitor tergantung kepada kemampuannya membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam yang akan menghalangi terjadinya perpindahan muatan dan massa sehingga dapat melindungi dan menahan logam dari lingkungan yang korosif (Akrom, 2022; Fayomi dkk., 2019).

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa dengan mengkombinasikan dua jenis inhibitor anorganik bersama sama dalam hal ini menggunakan trinitrium fosfat dan natrium nitrit menunjukkan hasil yang signifikan. Material *stainless steel* 304 yang dimasukkan kedalam media air laut dengan kadar NaCl 3,5% dalam keadaan tanpa inhibitor laju korosinya mencapai 0,2162 mpy. Dengan menggunakan inhibitor campuran trinitrium fosfat 50 ppm dan natrium nitrit 500 ppm, merupakan suatu kombinasi yang paling jelek dengan menunjukkan laju korosi yang terbesar yaitu 0,0992 mpy atau efektifitas inhibisinya hanya mencapai 54,1166%. Namun dengan kombinasi trinitrium fosfat 50 ppm dan natrium nitrit 800 ppm laju korosi diperoleh 0,0013 mpy atau efektifitas inhibisinya mencapai 99,3987 % yang merupakan hasil paling optimal dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akrom, M. 2022. Experimental Investigation of Natural Plant Extracts As A Green Corrosion Inhibitor in Steel (Investigasi Eksperimental Ekstrak Tanaman Alam Sebagai Inhibitor

- Korosi Pada Baja). *Journal Renewable Energy & Mechanics*, 01. [https://doi.org/10.25299/rem.2022.vol5\(01\).8887](https://doi.org/10.25299/rem.2022.vol5(01).8887)
- Fayomi, O. S. I.; Akande, I. G.; Nsikak, U. 2019. An Overview of Corrosion Inhibition using Green and Drug Inhibitors. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378(2).
- Fontana M.G. (1987) *Corrosion Engineering*. Singapore, Mc Graw-Hill Book Co.
- Haryono, G., Sugiarto, B., Farid, H., dan Tanoto, Y. 2010. Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi. *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693 – 4393.
- Hastuty, S. dan Awwaluddin, M. 2019. Behavior of Phosphate Inhibitor on Pitting Corrosion Resistance of Cr-Mo Steel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012025>
- Juanda, M., Pratiwi, N. L., Astuti, D. H. 2022. *Kajian Inhibitor Nano2 Sebagai Pengendalian Laju Korosi Pada Stainless Steel Dalam Lingkungan NaCl 3,5%* *Jurnal Teknik Kimia* Vol. 16, No. 2.
- Khani, H., and Arefinia, R. 2018. Inhibition mechanism of nitrite on the corrosion of carbon steel in simulated cooling water systems. *Materials and Corrosion*, 69(3), 337–347.
- Mandal, S., Singh, J. K., Lee, D. E., dan Park, T. 2020. Effect of Phosphate-Based Inhibitor on Corrosion Kinetics and Mechanism for Formation of Passive Film onto The Steel Rebar in Chloride-Containing Pore Solution. *Materials*, 13(16).
- Novita, S., Ginting, E., dan Astuti, W. 2018. Analisis Laju Korosi dan Kekerasan pada Stainless Steel 304 dan Baja Nikel Laterit dengan Variasi Kadar Ni (0, 3, dan 10%) dalam Medium Korosif. In *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 06, Issue 01).
- Fardhyanti, D. S. 2004. Uji Efektivitas Natrium Fosfat Sebagai Inhibitor Pada Korosi Baja Tulangan Beton Effectivity Evaluation Of Sodium Phosphate As An Corrothion Inhibitor Of Steeled Concrete. In *Sains & Apl: Vol. VII* (Issue 2).
- Setiawan, A. dan Dewi, A. K. 2019. Pengaruh Surface Treatment Terhadap Ketahanan Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat. *Januari*, 11(1)
- Sumarji. 2011. Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik dengan Variasi Suhu dan pH. *Jurnal ROTOR*, Volume 4 Nomor 1.
- Suryawan, I. W. K., Prajati, G., Afifah, A. S., Apritama, M. R. dan Adicita, Y. 2019. Continuous Piggery Wastewater Treatment with Anaerobic Baffled Reactor (ABR) by Bio Activator Effective Microorganisms (EM4). *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, pp: 1–12.
- Syaiful, A. Z., Tang, M., Kada, J. D. R. B. 2022. Analisis Laju Korosi dan Lifetime Material Stainless Steel. *Jurnal Saintis*, vol.3, No 2. pp: 1-14.
- Wulan, D. R.; Azkiya, N. I.; Widjajanti, K., Wardani, N. B.; Maryanty, Y. 2022. Asam Askorbat, Natrium Nitrit dan Natrium Fosfat sebagai Inhibitor Laju Korosi pada Aluminium dan Seng dalam Media Biosolar. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 6(1), pp: 36–4.