

# ANALISIS MEKANISME KOROSI PADA STAINLESS STEEL (SS 304) DENGAN COATING CAT AGATHA PAINT PADA LARUTAN SALINITAS TINGGI NaCl 3,5 %

Frandy Akyuwen<sup>1\*</sup>, Pieldrie Nanlohy<sup>1</sup>, Stevi Silahooy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon, 97233, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon, 97233, Indonesia

\*email: frandyakyuwen@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme korosi yang terjadi pada baja (SS 304) coating cat agatha paint pada medium 3,5% NaCl. Berdasarkan hasil analisis menggunakan SEM menunjukkan adanya lubang atau hole pada permukaan mikrostruktur baja (SS 304). Lubang yang teridentifikasi merupakan salah satu jenis korosi yang terjadi pada logam. Jenis korosi ini disebut korosi lubang atau pitting corrosion. Selain itu, pengujian menggunakan EDX menunjukkan komposisi unsur yang dominan pada baja (SS 304) coating cat adalah karbon (C), oksigen (O) dan kalsium (Ca) yang berasal dari lapisan cat dengan produk korosi yang terbentuk berupa  $Fe_2O_3$ . Nilai laju korosi berdasarkan hasil uji polarisasi tafel adalah sebesar 0,0112 mmpy dengan nilai arus korosi ( $I_{corr}$ ) sebesar 379,050 nA dan potensial korosi ( $E_{corr}$ ) sebesar -299,410 mV. Hasil ini menunjukkan semakin baik pelapisan yang diberikan pada baja (SS 304) maka nilai laju korosi pada baja akan semakin kecil. Hal ini ditandai dengan adanya nilai arus korosi ( $I_{corr}$ ), semakin kecil nilai arus korosi maka akan menyebabkan pergerakan elektron semakin terbatas sehingga membatasi pergerakan ion-ion korosif, dengan demikian nilai laju korosi pun akan semakin kecil.

Kata Kunci: Baja; Komposisi Unsur; Korosi Lubang; Laju Korosi; Produk Korosi

## ABSTRACT

[Title: Analysis of corrosion mechanism on stainless steel (SS 304) with agatha paint coating in high salinity NaCl 3,5% solution]. This research aims to analyze the corrosion mechanism occurring on steel (SS 304) coated with Agatha paint in a 3,5% NaCl medium. Based on the analysis results using SEM, there are holes identified on the microstructure surface of the steel (SS 304). The identified holes are a type of corrosion that occurs on metals. This type of corrosion is called pitting corrosion. Additionally, testing using EDX shows that the dominant elemental composition in the steel (SS 304) coated with paint is carbon (C), oxygen (O), and calcium (Ca) originating from the paint layer, with the corrosion product formed being  $Fe_2O_3$ . The corrosion rate based on Tafel polarization test results is 0,0112 mmpy, with a corrosion current ( $I_{corr}$ ) of 379,050 nA and a corrosion potential ( $E_{corr}$ ) of -299,410 mV. This result indicates that the better of the coating applied to the steel (SS 304), the lower the corrosion rate will be. This is marked by the corrosion current value ( $I_{corr}$ ), the smaller the corrosion current value, the more limited the movement of electrons will be, thereby restricting the movement of corrosive ions, which in turn results in a smaller corrosion rate.

Keywords: Corrosion products; Corrosion rate; Elemental composition; Pitting corrosion; Steel

## PENDAHULUAN

Logam merupakan salah satu material yang sangat penting dan paling banyak diaplikasikan dalam bidang industri (Novita et al., 2018). Penggunaan material logam dalam berbagai bidang didasari oleh sifat fisis maupun sifat kimia yang baik. Beberapa aplikasi dari material logam biasanya dijadikan sebagai material utama dalam pembangunan infrastruktur, mobil, kapal, kereta api, persenjataan, dan alat - alat perkakas (Afandi et al., 2015).

Disamping memiliki kelebihan, logam juga memiliki salah satu kelemahan yaitu mudah terkorosi (Ornelasari, 2015). Korosi merupakan permasalahan yang hingga sekarang ini masih menjadi hal yang belum terselesaikan dalam industri

logam dan menyebabkan kerugian akibat terjadinya penurunan tingkat produksi sehingga memerlukan biaya perawatan yang tinggi. Sementara itu dengan adanya perilaku korosi pada material, hal ini juga berdampak pada pemborosan sumber daya alam terutama pada bahan logam (Budianto et al., 2009).

Korosi merupakan penurunan daya guna material logam akibat adanya reaksi elektrokimia logam dengan lingkungannya (Ngatin et al., 2022). Terjadinya proses korosi mengakibatkan adanya penurunan sifat mekanik material dan ketahanan struktur dari material tersebut, sehingga menyebabkan banyak kerugian jika ditinjau dari segi ekonomi maupun keselamatan (Setiawan et al., 2018).

Oleh karena itu, penelitian mengenai perilaku korosi dan pengembangan bahan struktural atau fungsional yang tahan terhadap korosi sangat penting dan dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Salah satu upaya yang telah dilakukan untuk menanggulangi permasalahan korosi logam adalah dengan mengkombinasikan unsur logam dengan unsur lainnya, sehingga membentuk logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi.

Logam sejenis ini biasa disebut sebagai baja nirkarat atau *stainless steel* (SS). Beberapa kelebihan dari baja tahan karat ini adalah memiliki sifat fisis maupun sifat kimia yang baik seperti kemampuan proses, sifat mekanik, ketahanan korosi dan biokompatibilitas yang baik (Wardani et al., 2021). Prinsip desain baja tahan karat ini umumnya menggunakan metode konvensional, yaitu dengan menambahkan unsur-unsur paduan dalam konsentrasi yang relatif rendah ke dalam unsur dasar, sehingga ketahanan terhadap korosi dapat ditingkatkan (Shi & Liaw, 2017).

Dengan demikian dari segi korosi, prinsip desain material adalah kombinasi elemen yang dapat mempertahankan kondisi material dalam lingkungan tertentu. Namun, pemahaman yang lebih mendalam tentang peran setiap elemen paduan dalam ketahanan korosi bahan logam sangat berguna untuk merancang elemen paduan dan menentukan kandungannya, yang disesuaikan dengan tingkat korosi di lingkungan tersebut (Hashimoto et al., 2007).

*Stainless steel* atau biasa dikenal dengan baja nirkarat merupakan kategori baja yang tahan terhadap korosi dengan komposisi paduan yang terdiri dari unsur nikel (Ni), krom (Cr), dan mangan (Mn) (Novita et al., 2018). Jika kandungan unsur krom (Cr) dari material baja tahan karat mencapai 13-27 % maka akan meningkatkan sifat ketahanan korosi. Keberadaan unsur krom (Cr) dalam paduan ini akan membentuk senyawa krom oksida ( $Cr_2O_3$ ) yang memberikan proteksi dari korosi (Budianto et al., 2009).

Salah satu material baja yang sering di gunakan adalah *Stainless Steel* 304 (SS304). Baja jenis ini memiliki beberapa kandungan unsur yang dominan yaitu Kromium (Cr) 18,42%, Nikel (Ni) 9,74% dan Mangan (Mn) 1,96%. Beberapa faktor yang mendasari pemilihan baja (SS 304) dalam bidang industri maupun non industri adalah harganya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan baja tahan karat lainnya (Mardhani & Harmami, 2013). Walaupun demikian, penggunaan baja tahan karat tidak sepenuhnya dapat mencegah terjadinya korosi.

Beberapa proses industri diantaranya proses *pickling*, *cleaning*, *descaling* maupun pengasaman

dapat menyebabkan korosi pada material baja. Proses-proses tersebut berlangsung pada keadaan asam dengan melibatkan penggunaan asam-asam mineral seperti asam klorida dan asam sulfat (Kayadoe et al., 2015).

Pelapisan atau *coating* merupakan salah satu teknik yang paling umum digunakan untuk melindungi permukaan logam dengan menciptakan penghalang fisik yang efektif untuk menghalangi pergerakan ion-ion agresif ke permukaan logam (Montemor, 2014). Selain memberikan efek penghalang pasif, teknik pelapisan ini juga dapat memberikan efek penghalang aktif dalam kondisi tertentu jika terjadi kerusakan lokal atau cacat pada lapisan pelindung, sehingga dapat memperlambat laju korosi pada logam maupun logam paduan (Brilliantoro, 2022). Oleh karena itu, teknik pelapisan tidak hanya memberikan perlindungan awal, tetapi juga memiliki kemampuan untuk mencegah korosi apabila terjadi kerusakan pada lapisan logam.

Berdasarkan peluang tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan teknik pelapisan atau *coating* pada baja (SS 304) dengan menggunakan cat agatha paint dan dilakukan karakterisasi instrumen Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) dan Uji Potensiostat untuk menganalisis mekanisme korosi dan laju korosi pada baja (SS 304).

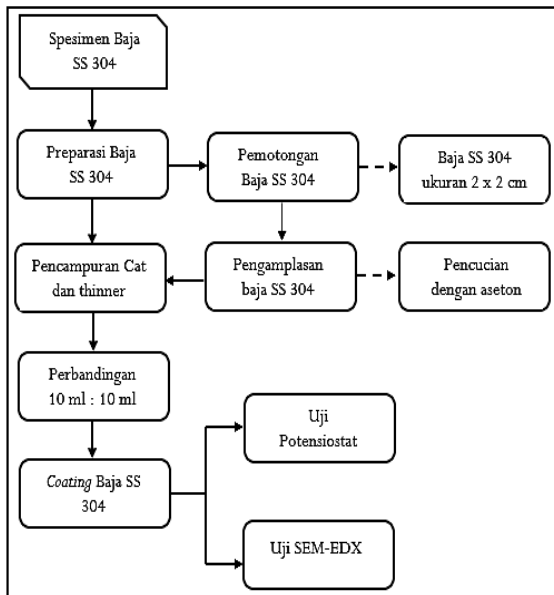
## METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik pelapisan atau *coating*. Spesimen baja (SS 304) yang digunakan, dipotong sesuai dengan ukuran yaitu 2 cm x 2 cm x 2 mm. Sesudah itu, baja (SS 304) di proses dengan menggunakan kertas amplas, dicuci dengan akuades dan aseton dan dikeringkan. Proses preparasi baja (SS 304) dilakukan untuk membersihkan permukaan baja dari pengotor maupun karatan pada baja sehingga dapat meningkatkan daya lengket antara cat dan permukaan baja saat dilakukan proses pelapisan atau *coating* dengan menggunakan cat agatha *paint*.

Pencampuran cat agatha *paint* dan thinner dilakukan dengan perbandingan 10 ml : 10 ml dan di *coating* pada spesimen baja (SS 304) yang telah dipersiapkan dengan menggunakan *spraygun*. Hasil pelapisan atau *coating* pada spesimen baja (SS 304) tersebut, dikeringkan pada suhu 25°C selama 48 jam, supaya cat dapat menempel dengan baik pada permukaan spesimen baja (SS 304).

Setelah itu, spesimen baja (SS 304) *coating* cat agatha *paint* dilakukan pengujian laju korosi dengan menggunakan potensiostat pada medium 3,5 % NaCl dan SEM-EDX untuk menganalisis mekanisme

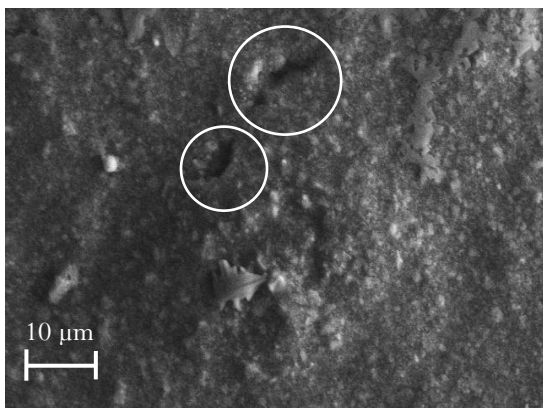
korosi pada baja (SS 304). Adapun diagram alur penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Alur pengujian korosi pada spesimen baja SS 304 *coating* cat agatha *paint* pada medium 3,5% NaCl

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perilaku korosi pada baja (SS 304) *coating* cat agatha *paint* pada medium 3,5% NaCl sangat bergantung pada lapisan *coating* pada permukaan baja. Kondisi permukaan baja dengan *coating* cat setelah dilakukan pengujian korosi dan dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen SEM-EDX ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Mikrostruktur permukaan baja SS 304 *coating* cat agatha *paint* setelah direndam pada medium 3,5 % NaCl

Hasil analisis SEM menunjukkan terbentuknya lubang atau *hole* pada permukaan mikrostruktur baja (SS 304) yang menandakan terjadinya kerusakan pada lapisan cat akibat pengaruh ion-ion korosi. Adanya Lubang yang teridentifikasi merupakan salah satu jenis korosi yang terjadi pada logam. Jenis korosi ini disebut korosi lubang atau *pitting corrosion*

(Royani, 2020). Korosi ini biasanya terlokalisasi di permukaan logam dan hanya terbatas pada area kecil (Caines et al., 2013). Korosi lubang dapat terjadi disebabkan oleh pengaruh dari senyawa NaCl (garam), dimana elektron teroksidasi sehingga dalam medium korosif NaCl ini, baja lebih cepat berkarat (Ludiana & Handani, 2012).

Sedangkan berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan EDX untuk mengetahui elemen-elemen pada baja (SS 304) *coating* cat agatha *paint* pada medium 3,5% NaCl menunjukkan terdapat beberapa unsur yang dominan seperti karbon (C), oksigen (O) dan kalsium (Ca) yang berasal dari lapisan cat pada permukaan baja (SS 304) setelah di lakukan pengujian korosi. Hal ini mengindikasikan bahwa produk korosi yang terbentuk pada proses ini adalah berupa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Persentase elemen unsur baja SS (304) *coating* cat pada medium 3,5% NaCl dengan menggunakan SEM-EDX ditampilkan pada Tabel 1.

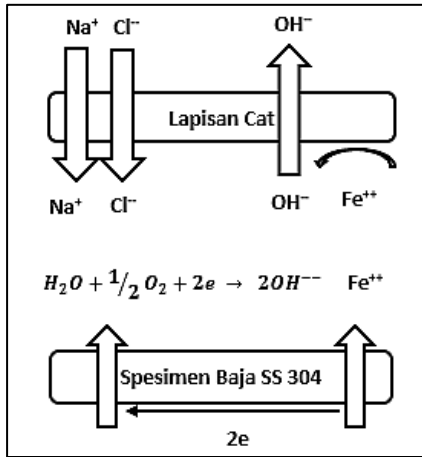
**Tabel 1.** Komposisi unsur pada baja (SS 304) *coating* cat agatha *paint* setelah direndam pada medium 3,5% NaCl

No	Elemen Unsur	Persentase unsur (wt%)
1	C	40,40
2	O	35,44
3	Ca	14,11
4	Ti	7,79
5	Cl	0,54
6	Na	0,77
7	Fe	0,61
8	Al	0,24
9	Si	0,14

Perilaku korosi yang terjadi pada baja (SS 304) *coating* cat dapat terjadi akibat adanya reaksi ion Cl<sup>-</sup> dan Na<sup>+</sup> dengan ion-ion logam yang terdapat pada baja. Ion-ion ini merupakan penyebab utama korosi pada logam, terutama ion Cl<sup>-</sup> yang dapat mempercepat kerusakan pada lapisan oksida dan mempercepat reaksi elektrokimia.

Selain itu, ion Na<sup>+</sup> yang merupakan salah satu komponen utama dalam senyawa NaCl, memang secara tidak langsung menyebabkan kerusakan pada permukaan logam tetapi sangat berperan dalam meningkatkan konduktivitas larutan yang mengakibatkan pergerakan ion-ion Cl<sup>-</sup> lebih aktif dalam menyebabkan korosi pada logam maupun logam paduan (Qiu et al., 2017). Pelapisan atau *coating* pada permukaan baja dilakukan agar dapat menciptakan penghalang atau *barrier* yang dapat menghalangi ion-ion penyebab korosi, sehingga dapat memperlambat laju korosi pada logam. Skema perlindungan korosi dengan menggunakan cat pada

baja (SS 304) pada medium 3,5% NaCl ditampilkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Mekanisme korosi pada baja (SS 304) coating cat agatha paint pada medium 3,5% NaCl

Mekanisme korosi pada baja SS 304 memperlihatkan bahwa lapisan cat berperan sebagai penghalang yang bertujuan memberikan perlindungan agar menghalangi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  merusak baja (SS 304). Pada lingkungan korosif, baja dengan struktur biasa akan lebih cepat mengalami korosi karena tidak memiliki sifat pelindung yang diperlukan untuk melindungi baja dari lingkungan (Tamura, 2008).

Sehingga, penambahan lapisan cat pada permukaan baja (SS 304) dapat membuat lintasan elektron semakin panjang sehingga ion-ion korosi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk merusak permukaan baja (SS 304). Akan tetapi lapisan perlindungan ini tidak terbukti sempurna, dimana baja (SS 304) yang telah dilapisi dengan menggunakan cat masih dapat ditembus oleh ion-ion korosi berupa ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ .

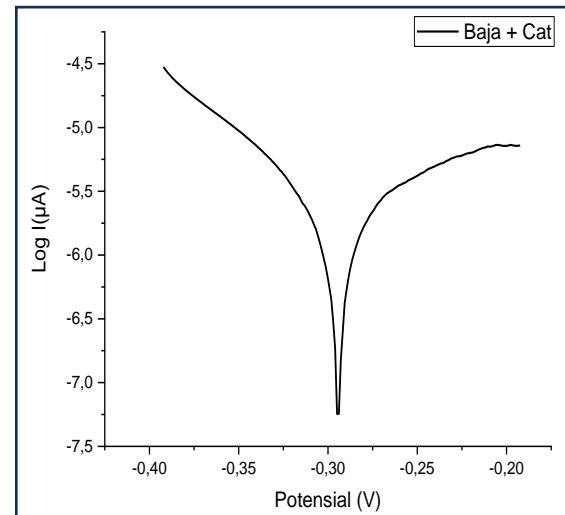
Hal ini disebabkan, lapisan cat tidak dapat menghalangi ion-ion anion dan kation berdifusi dari larutan ke permukaan baja (SS 304) dan ion logam  $\text{Fe}^+$  yang terdisolusi secara anodik dapat berdifusi dari permukaan logam ke larutan. Selanjutnya, logam seperti besi akan teroksidasi, melepaskan elektron dan membentuk ion positif, sementara elektron tersebut bereaksi dengan oksigen dan air untuk membentuk ion hidroksida (Zou et al., 2011).

Proses ini, dihasilkan ion  $\text{OH}^-$  secara katodik yang mampu menembus lapisan cat, sehingga dengan terbentuknya ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^+$ , dan  $\text{OH}^-$  pada logam, ketika pH larutan mencapai nilai tertentu maka akan terbentuk lapisan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada permukaan logam yang merupakan produk korosi (Wang et al., 2007). Proses korosi ini dapat menyebabkan

kerusakan struktural pada logam dan mengurangi sifat mekanik dari material logam tersebut.

Polarisasi potensiodynamik adalah suatu metode untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik/katodik. Beberapa keuntungan dengan menggunakan metode pengujian ini adalah 1) Biasanya hanya dibutuhkan beberapa menit untuk menentukan laju korosi; 2) Metode ini sangat sensitif, sehingga faktor untuk meningkatkan laju korosi di laboratorium, seperti suhu tinggi yang biasanya digunakan, seringkali tidak diperlukan (Van Ooij et al., 2005).

Hasil pengujian ini biasanya berupa kurva polarisasi, kemudian dianalisis menggunakan metode ekstrapolasi tafel dengan perangkat lunak Anova versi 1.8 yang umum digunakan dalam pengujian elektrokimia untuk menunjukkan informasi mengenai kinetik reaksi korosi pada suatu material. Kurva analisis korosi baja (SS 304) coating cat agatha paint pada medium NaCl 3,5% dengan menggunakan metode polarisasi tafel ditampilkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Kurva uji polarisasi baja (SS 304) coating cat agatha paint pada medium 3,5% NaCl.

Beberapa variabel elektrokimia yang ditampilkan dalam analisis ini berupa konstanta tafel ( $b_a$ ,  $b_c$ ), potensial korosi ( $E_{\text{corr,cal}}$ ;  $E_{\text{corr,obs}}$ ), kerapatan arus korosi ( $J_{\text{corr}}$ ,  $\text{mA}/\text{cm}^2$ ), arus korosi ( $I_{\text{corr}}$ ,  $\text{mA}$ ), laju korosi ( $\text{CR}$ ,  $\text{mpy}$ ), resistansi polarisasi ( $R_p$ ,  $\Omega$ ), dan potensial pengujian ( $E_{\text{begin}}$ ,  $E_{\text{end}}$ ) (Silahooy et al., 2025). Berdasarkan hasil uji polarisasi menunjukkan nilai dari beberapa variabel uji ketahanan korosi berupa nilai laju korosi pada baja (SS 304) coating cat pada medium NaCl 3,5% adalah sebesar 0,0112 mmpy dengan nilai arus korosi ( $I_{\text{corr}}$ ) sebesar 379,050 nA dan potensial korosi ( $E_{\text{corr}}$ ) sebesar -299,410 mV. Nilai ini memperlihatkan bahwa

semakin baik pelapisan yang diberikan pada baja (SS 304) maka nilai laju korosi pada baja akan semakin kecil.

Hal ini ditandai dengan adanya nilai arus korosi ( $I_{corr}$ ), semakin kecil nilai arus korosi maka akan menyebabkan pergerakan elektron semakin terbatas sehingga membatasi pergerakan ion-ion korosif. Dengan demikian nilai laju korosi pun akan semakin kecil (Raja & Sethuraman, 2008).

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Mikrostruktur baja SS (304) *coating* cat agatha *paint* pada medium korosi 3,5% NaCl yang di karakterisasi dengan SEM-EDX menunjukkan adanya lubang atau hole pada daerah tertentu yang mengindikasikan jenis korosi lubang atau *pitting corrosion* dengan beberapa unsur yang dominan seperti karbon (C), oksigen (O) dan kalsium (Ca) yang berasal dari lapisan cat. Produk korosi yang terbentuk pada pengujian korosi adalah berupa  $Fe_2O_3$ . Nilai laju korosi berdasarkan hasil uji polarisasi tafel adalah sebesar 0,0112 mmpy dengan nilai arus korosi ( $I_{corr}$ ) sebesar 379,050 nA dan potensial korosi ( $E_{corr}$ ) sebesar -299,410 mV.

Beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini adalah perlu dikembangkan material lainnya terutama berbasis bahan alam yang dapat mengurangi laju korosi logam pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5%, baik pada daerah anodik maupun katodik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji, A. (2015). Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), G1-G5.
- Budianto, A., Purwantini, K., & Sujitno, B. T. (2009). Pengamatan Struktur Mikro pada Korosi antar Butir dari Material Baja Tahan Karat Austenitik setelah Mengalami Proses Pemanasan. In *Jurnal Forum Nuklir* (Vol. 3, No. 2, pp. 107-130).
- Brilliantoro, B. (2022). Literature Review: Studi Pengendalian Korosi menggunakan Coating Zinc (Zn), Zinc Phosphate ( $Zn_3(PO_4)_2$ ), Zinc Silicate ( $ZnSiO_4$ ) dan Nickel (Ni) pada Industri Otomotif. *JIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(6), 1878-1885.
- Caines, S., Khan, F., & Shirokoff, J. (2013). Analysis of pitting corrosion on steel under insulation in marine environments. *Journal of Loss Prevention in the process Industries*, 26(6), 1466-1483.
- Hashimoto, K., Asami, K., Kawashima, A., Habazaki, H., & Akiyama, E. (2007). The role of corrosion-resistant alloying elements in passivity. *Corrosion Science*, 49(1), 42-52.
- Kayadoe, V., Fadli, M., Hasim, R., & Tomaso, M. (2015). Ekstrak daun pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) sebagai inhibitor korosi baja SS-304 dalam larutan  $H_2SO_4$ . *Molekul*, 10(2), 88-96.
- Ludiana, Y., & Handani, S. (2012). Pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia Sinensis*) terhadap laju korosi baja karbon schedule 40 Grade B ERW. *Jurnal Fisika Unand*, 1(1).
- Mardhani, I., & Harmami, H. (2013). Pengaruh Suhu Terhadap Korosi Baja Ss 304 Dalam Media 1 M Hcl Dengan Adanya Inhibitor Kinina. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(2), C76-C78.
- Montemor, M. F. (2014). Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances. *Surface and Coatings Technology*, 258, 17-37.
- Ngatin, A., Wulandari, A. F., Saffanah, A. D., Suminar, D. R., & Setyaningrum, S. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Baja Paduan dalam Medium Larutan NaCl. *Fluida*, 15(2), 113-120.
- Novita, S., Suka, E. G., & 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. *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika*, 21-32.
- Ornelasari, R. (2015). Analisa laju korosi pada stainless steel 304 menggunakan metode ASTM G31-72 pada media air nira aren. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(01).
- Qiu, S., Li, W., Zheng, W., Zhao, H., & Wang, L. (2017). Synergistic effect of polypyrrole-intercalated graphene for enhanced corrosion protection of aqueous coating in 3.5% NaCl solution. *ACS applied materials & interfaces*, 9(39), 34294-34304.
- Raja, P. B., & Sethuraman, M. G. (2008). Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media—a review. *Materials letters*, 62(1), 113-116.
- Royani, A. (2020). Pengaruh suhu terhadap laju korosi baja karbon rendah dalam media air laut. *Jurnal Simetrik*, 10(2), 344-349.
- Setiawan, A., Mayangsari, N. E., & Dermawan, D. (2018). Pemanfaatan Ekstrak Daun Tembakau sebagai Inhibitor Korosi pada Logam Baja Karbon dan Aluminium. *Chemical Engineering Research Articles*, 1(2), 82-91.

- Shi, Y., Yang, B., & Liaw, P. K. (2017). Corrosion-resistant high-entropy alloys: a review. *Metals*, 7(2), 43.
- Silahooy, S., Imasuly, G. B., Latuny, W., & Nggolaon, D. (2025). Corrosion Analysis on Stainless Steel (SS304) Using A Coating Method Based On Silica from Natural Sand of Hukurila Village. *Jurnal Riset Kimia*, 16(2), 59-68.
- Tamura, H. (2008). The role of rusts in corrosion and corrosion protection of iron and steel. *Corrosion Science*, 50(7), 1872-1883.
- Van Ooij, W. J., Zhu, D., Stacy, M., Seth, A., Mugada, T., Gandhi, J., & Puomi, P. J. T. S. (2005). Corrosion protection properties of organofunctional silanes—an overview. *Tsinghua Science and technology*, 10(6), 639-664.
- Wang, J., Torardi, C. C., & Duch, M. W. (2007). Polyaniline-related ion-barrier anticorrosion coatings: II. Protection behavior of polyaniline, cationic, and bipolar films. *Synthetic Metals*, 157(21), 851-858.
- Wardani, L. A., Widodo, H., Adhani, L., Sabrina, E., & Annisa, A. (2021). Pengaruh Suhu pada Inhibitor Daun Pandan Terhadap Laju Korosi pada Baja SS-304 dalam Larutan Asam HCL 0, 1M. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 20(1), 31-41.
- Zou, Y., Wang, J., & Zheng, Y. Y. (2011). Electrochemical techniques for determining corrosion rate of rusted steel in seawater. *Corrosion Science*, 53(1), 208-216.