

ANALISIS PENGARUH BAHAN COATING PADA MATERIAL STAINLESS STEEL 316L DALAM LARUTAN H₂SO₄ TERHADAP LAJU KOROSI

Moch Ayyub Putra Wibisono

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: MochAyyub@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Korosi merupakan permasalahan utama yang sering terjadi pada material logam, termasuk stainless steel 316L yang dikenal memiliki ketahanan korosi tinggi. Namun, dalam lingkungan yang sangat agresif seperti larutan asam sulfat (H₂SO₄), material ini tetap berpotensi mengalami degradasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis bahan coating terhadap laju korosi pada stainless steel 316L dengan menggunakan dua jenis pelapis, yaitu epoxy novalux dan polyurethane, masing-masing dengan variasi 1 layer dan 2 layer. Metode pengujian yang digunakan adalah metode kehilangan berat (weight loss) dengan media korosif larutan asam sulfat 1 M selama 48 jam perendaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan coating mampu menurunkan laju korosi secara signifikan dibandingkan dengan spesimen tanpa pelapis. Nilai laju korosi tertinggi diperoleh pada spesimen tanpa coating sebesar 2,8183 mm/y, sedangkan nilai terendah terdapat pada spesimen dengan coating epoxy novalux 2 layer sebesar 0,3247 mm/y. Pengujian foto mikro menunjukkan adanya jenis korosi seragam (*uniform corrosion*) dan korosi batas butir (*intergranular corrosion*).

Kata Kunci: stainless steel 316L, laju korosi, asam sulfat, coating, epoxy novalux.

Abstract

Corrosion is a major problem that often occurs in metal materials, including 316L stainless steel which is known to have high corrosion resistance. However, in a very aggressive environment such as sulfuric acid solution (H₂SO₄), this material still has the potential to experience degradation. This study aims to analyze the effect of the type of coating material on the corrosion rate of 316L stainless steel using two types of coatings, namely epoxy novalux and polyurethane, each with variations of 1 layer and 2 layers. The test method used is the weight loss method with a corrosive medium of 1 M sulfuric acid solution for 48 hours of immersion. The results showed that the use of coatings was able to reduce the corrosion rate significantly compared to specimens without coating. The highest corrosion rate value was obtained in specimens without coating at 2.8183 mm/y, while the lowest value was found in specimens with 2 layers of epoxy novalux coating at 0.3247 mm/y. Microphoto testing showed the presence of uniform corrosion and intergranular corrosion.

Keywords: stainless steel 316L, corrosion rate, sulfuric acid, coating, epoxy novalux.

PENDAHULUAN

Dalam Proses Produksi di industri Dalam proses produksidi industri, barang-barang, terutama yang berbasis logam, dibuat dengan tujuan memiliki kekuatan dan daya tahan yang baik terhadap pengaruh lingkungan. Logam, yang merupakan material penting dalam peralatan manusia dapat mengalami kerusakan karena korosi, sebuah reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungan yang memicu terbentuknya karat serta menurunkan kualitas logam. Korosi memiliki dampak berbahaya, baik yang terlihat maupun tidak (Sinaga et al., 2020).

Stainless Steel merupakan baja anti karat yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% krom dan 8% nikel. Stainless steel dapat diperoleh dengan mencampurkan feronikel (18-20% Ni, 75-78% Fe) ke dalam leburan nikel ferokrom melalui oksidasi sebelum dilakukan proses pembuatan baja. Feronikel yang ditambahkan disesuaikan dengan kandungan nikel yang terdapat dalam nikel ferokrom (Asmara, 2023)

Korosi merupakan suatu proses pengkaratan, dimana sering terjadi pada logam yang mengalami proses

penurunan mutu terhadap fungsinya yang diakibatkan oleh lingkungan yang korosif baik itu berupa udara, air maupun lainnya. Lingkungan yang korosifsangat berpengaruh besar pada logamterutama pada sifat mekaniknya. Logam semacam baja yang kerap digunakan memiliki sifat yang kuat dan keras contohnya penggunaanya pada mesin, pondasi beton, pipa minyak, tangki air, pipa gas, tangki minyak yang apabila berada pada lingkungan yang korosif makan akan terjadi korosi Korosi tidak dapat dihentikan akan tetapi korosi dapat diperlambat prosesnya dengan berbagai cara yaitu dengan cara proteksi (katodik dan anodik), pelapisan (coating), penambahan inhibitor dan lain lain. Pelapisan permukaan dilakukan dengan menerapkan suatu lapisan penutup yang terbuat dari berbagai macam bahan pelapis. Adapun salah satu jenis perlindungan lapisan penutup dari logam yaitu dengan cara coating atau pelapisan dengan menggunakan bahan dasar cat (Fahriani,2021).

Coating atau pelapisan logam dengan bahan cat merupakan cara pengendalian korosi yang paling lama dikenal di masyarakat. Cat bukan hanya dikenal untuk mengendalikan korosi pada logam tetapi juga untuk

memberikan efek dekoratif pada permukaan lain seperti kayu, plastik, kaca dll. (Amzah, 2021).

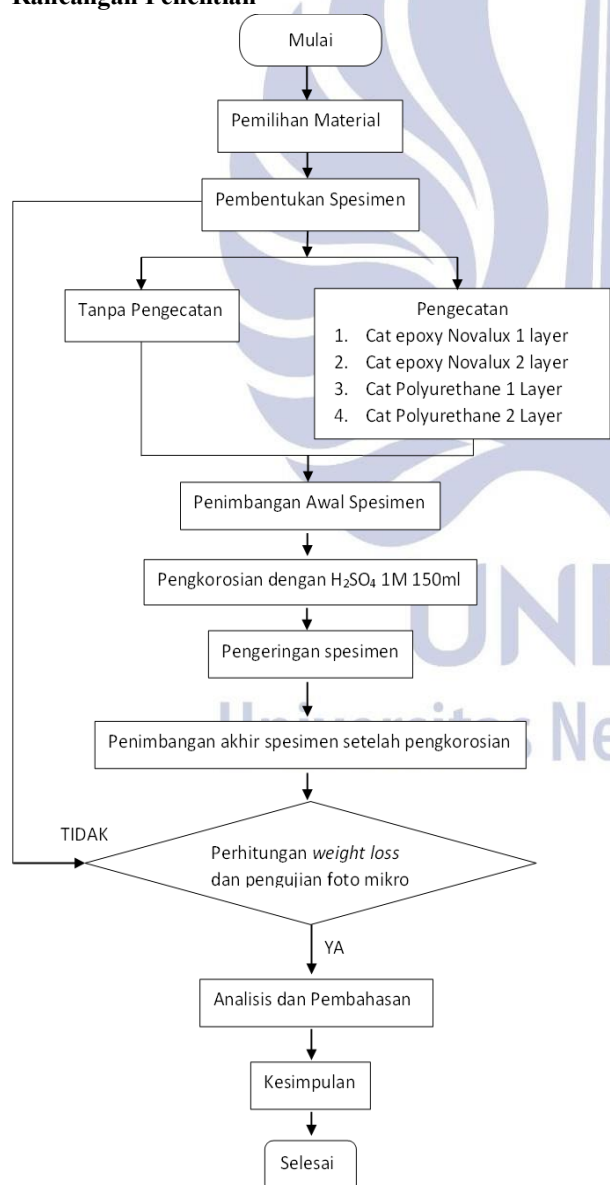
Adapun penelitian yang telah dilakukan di PT. Petrokimia, metode pelapisan cladding sudah pernah digunakan sebagai solusi, namun efektivitasnya dalam menghentikan korosi belum optimal. Material stainless steel yang biasa digunakan untuk pipa di industri menjadi fokus pengujian dalam tugas akhir ini, dengan tujuan untuk menganalisis laju korosinya. Sebagai persiapan pengujian, material tersebut terlebih dahulu diberikan perlindungan korosi melalui aplikasi coating (Afandi et al., 2015).

METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental di laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan coating pipa stainless steel 316L dengan melihat laju korosi dengan media asam sulfat dan mengetahui hasil foto mikro setelah dilakukan uji korosi dengan metode kehilangan berat (*weight loss*)

B. Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratoris untuk menganalisis pengaruh jenis dan jumlah lapisan coating terhadap laju korosi stainless steel 316L dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) 1 M. Spesimen tanpa coating serta dengan epoxy novalux dan polyurethane (1 dan 2 layer) direndam selama 48 jam, kemudian laju korosi ditentukan menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*), sedangkan jenis korosi dianalisis melalui pengamatan struktur mikro.

C. Alat dan Bahan

1. Jangka Sorong
2. Kompresor
3. Gerinda Potong
4. Neraca Analitik Digital
5. Gelas Ukur
6. Larutan Asam Sulfat
7. Stainless Steel 316L
8. Cat pelapis Epoxy Novalux dan Polyurethane

D. Prosedur Penelitian

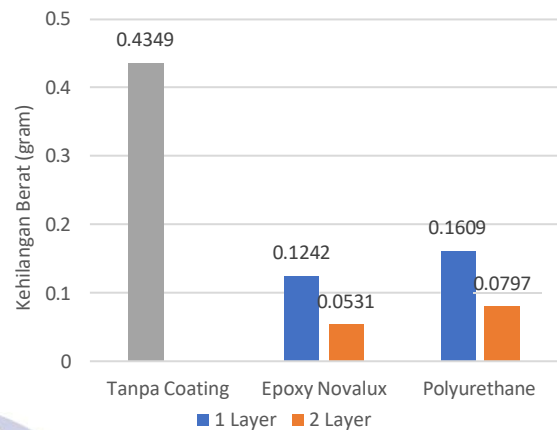
1. Tahap Persiapan

- a. Pengumpulan sampel yang berupa cairan asam sulfat (H_2SO_4), menyiapkan cat pelapis, baja stainless steel 316L sebagai obyek.
- b. Memotong kecil-kecil obyek penelitian yang telah disiapkan, dipotong panjang 40mm yang bertujuan agar lebih mudah dalam proses perendaman.
- c. Komposisi penambahan thinner dengan cat pelapis 15%.
- d. Menyiapkan larutan asam sulfat 1M 150 ml.
- e. Membersihkan obyek dengan aquademin sebelum dicat dengan pelapis agar zat pelapis bisa menempel.
- f. Obyek dicat dengan variasi pelapisan 1 dan 2 layer dengan metode pencelupan.
- g. waktu pengeringan spesimen setelah pelapisan selama 8 jam.

2. Tahap Pengujian

- a. Prosedur pengujian korosi metode kehilangan berat (*weight loss*)
 1. Masing-masing spesimen yang sudah di coating ditimbang untuk mengetahui berat awal sebelum pengujian.
 2. Memasukkan spesimen uji pada larutan asam sulfat dengan volume 150 ml selama 48 jam dengan pengecekan setiap 12 jam sekali.
 3. Obyek yang sudah direndam selama 48 jam akan dibersihkan menggunakan aquademin agar obyek bisa dilihat hasil korosi yang sudah terjadi.

4. Menimbang kembali sampel untuk menentukan nilai laju korosi.
5. Menghitung laju korosi dengan menggunakan rumus persamaan.
6. Selanjutnya dilakukan uji foto mikro pada 2 sampel yakni sampel dengan laju korosi tertinggi dan terendah
- b. Prosedur pengujian foto mikro
 1. Menyiapkan spesimen yang akan diuji, yakni spesimen sebelumnya yang telah dilakukan perendaman.
 2. Meringkangkan spesimen uji menggunakan kain lap.
 3. Meletakkan spesimen secara bergiliran kedalam alat mikroskop olmpus.
 4. Bagian yang diamati pada pengujian foto mikro di bagian luar permukaan pipa.
 5. Melakukan pengujian dengan pembesaran 1000x.



	21.7013	21.6432	0.0581	0.3775	0.5180
--	---------	---------	--------	--------	--------

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Weight loss (Kehilangan Berat).

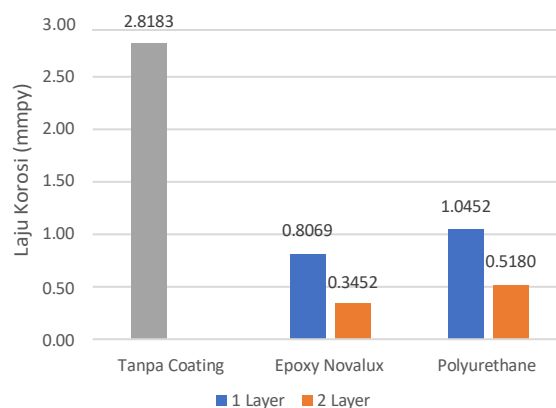
Pengujian weight loss dilakukan untuk menganalisis pengaruh bahan coating terhadap laju korosi stainless steel 316L dalam media asam sulfat. Spesimen direndam selama 48 jam dengan lima variasi perlakuan, yaitu tanpa coating serta coating epoxy novalux dan polyurethane dengan masing masing satu dan dua lapisan. Data kehilangan berat digunakan untuk menentukan nilai laju korosi. Pengamatan visual menunjukkan bahwa spesimen tanpa coating mengalami permukaan kasar akibat terbentuknya produk korosi, sedangkan spesimen dengan coating masih mempertahankan lapisan pelindung yang menghambat terjadinya korosi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Laju Korosi

Jenis Coating	Layer	W1 (g)	W2 (g)	ΔW (g)	Laju korosi (mmpy)	Rata-rata laju korosi (mmpy)
Tanpa Coating	0	22.5426	22.0932	0.4494	2.9198	2.8254
		22.3876	21.9435	0.4441	2.8853	
		22.1765	21.7654	0.4111	2.6709	
Epoxy	1	21.9043	21.7536	0.1507	0.9791	0.8069
		22.2054	22.0932	0.1122	0.7290	
		21.4038	21.2941	0.1097	0.7127	
	2	21.5403	21.4873	0.0530	0.3443	0.3452
		22.4013	22.3562	0.0451	0.2930	
		22.3105	22.2492	0.0613	0.3983	
polyurethane	1	22.0543	21.8942	0.1601	1.0402	1.0452
		22.4327	22.2719	0.1608	1.0447	
		22.7548	22.5931	0.1617	1.0506	
	2	22.7638	22.6708	0.0930	0.6042	
		22.3524	22.2643	0.0881	0.5724	

Gambar 2. Diagram Batang Kehilangan Berat

Berdasarkan gambar 2. diketahui bahwa hasil kehilangan berat dari spesimen tergolong tinggi. Hal ini dikarenakan lapisan coating mengalami reaksi dengan larutan asam sulfat. Walaupun epoxy novalux dan polyurethane bersifat tahan kimia, tetapi keduanya tidak benar-benar tahan terhadap larutan kimia. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) dapat meresap melalui pori-pori mikro atau cacat pada permukaan coating, difusi ini semakin besar jika ketebalan lapisan coating tipis



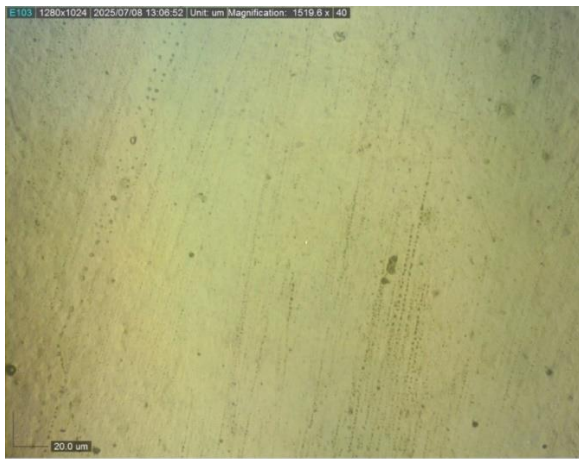
Gambar 3. Diagram Batang Laju Korosi

Pada gambar 3. hasil pengujian menunjukkan bahwa logam yang dilapisi cat epoxy memiliki laju korosi jauh lebih rendah dibandingkan spesimen yang dilapisi cat polyurethane dan spesimen tanpa pelapisan. Hal itu dikarenakan cat epoxy lebih tahan terhadap zat asam sulfat dibandingkan dengan cat polyurethane (Hodul, Mészárosóvá, & Drochytka, 2022), karena itu spesimen lebih terlindungi dari asam sulfat sehingga laju korosif menjadi lebih rendah. Selain itu, efektivitas coating dipengaruhi oleh kualitas persiapan permukaan,

jenis coating, metode aplikasi, dan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, penambahan coating yang tepat dan merata sangat penting untuk meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi dan memperpanjang umur pakainya

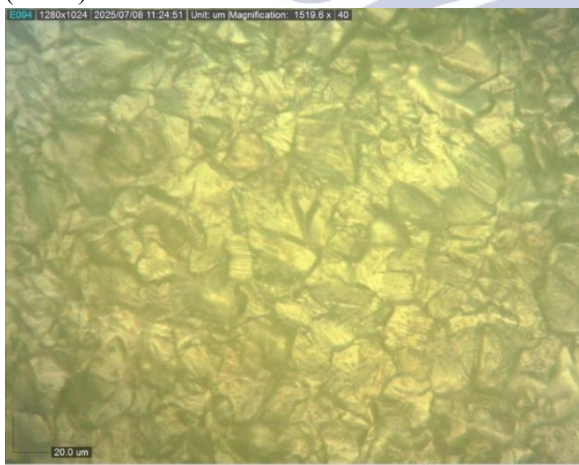
B. Hasil Foto Mikro

menggunakan mikroskop metalografi untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik korosi yang terjadi pada permukaan spesimen. Seluruh data hasil pengujian dicatat secara sistematis, kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mengetahui pengaruh jenis serta jumlah lapisan coating terhadap ketahanan korosi stainless steel 316L.



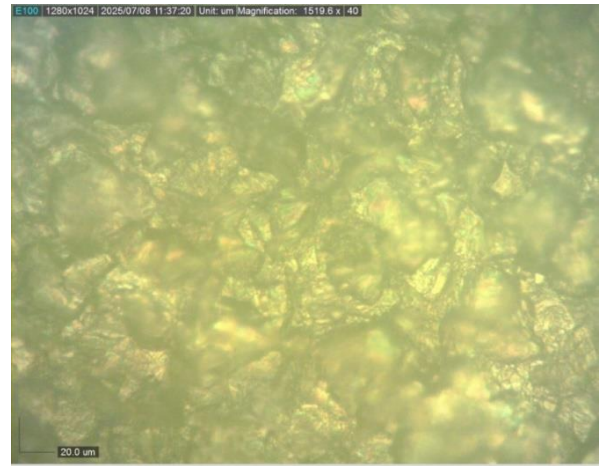
Gambar 4. Hasil Fotomikro Raw Material

Berdasarkan gambar terlihat bahwa permukaan pada raw material terlihat rata dan tidak terdapat kerusakan (korosi).



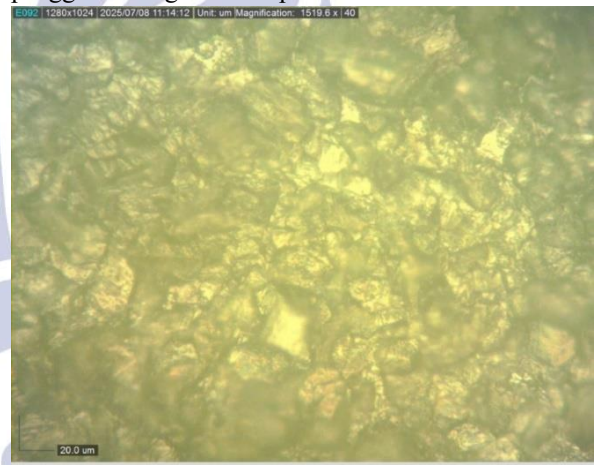
Gambar 5. Hasil Foto Mikro Spesimen Tanpa Coating

Berdasarkan gambar 6 bahwa pada spesimen tanpa coating terlihat terdapat garis-garis halus yang memisahkan satu kristal logam dengan yang lain, tampak lebih gelap dan seperti tergerus lebih dalam dibandingkan butir-butir logamnya. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi korosi batas butir.



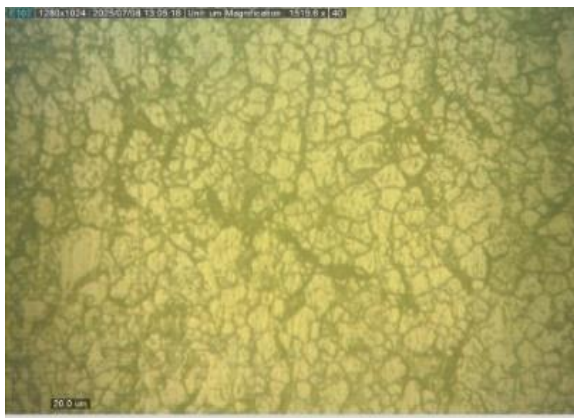
Gambar 7. Hasil Foto Mikro Spesimen Coating Polyurethane 1 Layer

Berdasarkan foto mikro pada gambar 6. terdapat korosi dibawah lapisan logam (underfilm corrosion) dengan ciri-ciri terlihat struktur tidak homogen, berpori, dan seperti terangkat/mengembang. Hal ini disebabkan karena lapisan polyurethane mengalami degradasi dan penggelembungan akibat penetrasi larutan asam sulfat.



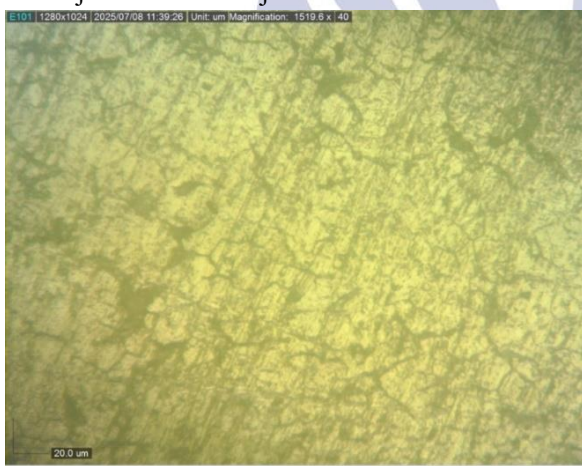
Gambar 8. Hasil Foto Mikro Spesimen Coating Polyurethane 2 Layer

Berdasarkan foto mikro pada gambar 7. terdapat korosi dibawah lapisan logam (underfilm corrosion) dengan ciri-ciri terlihat struktur tidak homogen, berpori, dan seperti terangkat/mengembang. Hal ini disebabkan karena lapisan polyurethane mengalami degradasi dan penggelembungan akibat penetrasi larutan asam sulfat



Gambar 9. Hasil Foto Mikro Spesimen Coating Epoxy Novalux 1 Layer

Berdasarkan gambar 4.12 bahwa pada spesimen tanpa coating terlihat terdapat garis-garis halus yang memisahkan satu kristal logam dengan yang lain, tampak lebih gelap dan seperti tergerus lebih dalam dibandingkan butir-butir logamnya. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi korosi batas butir.



Gambar 10. Hasil Foto Mikro Spesimen Coating Epoxy Novalux 1 Layer

Berdasarkan gambar 4.13 bahwa pada spesimen tanpa coating terlihat terdapat garis-garis halus yang memisahkan satu kristal logam dengan yang lain, tampak lebih gelap dan seperti tergerus lebih dalam dibandingkan butir-butir logamnya. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi korosi batas butir.

Setelah baja tahan karat SS316L direndam dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) selama dua hari, terlihat adanya kerusakan merata di permukaannya. Kerusakan ini disebut korosi seragam, yaitu saat permukaan logam terkikis secara menyeluruh dan tidak hanya di satu titik tertentu. Pada gambar mikroskop, area yang terkena korosi seragam terlihat buram dan lebih gelap, tanpa batas butir logam yang jelas. Artinya, permukaan logam secara keseluruhan mulai rusak karena lapisan pelindung alami (yang biasanya melindungi stainless

steel dari karat) sudah tidak bisa bekerja lagi di lingkungan asam tersebut.

Selain korosi merata, gambar mikroskop juga menunjukkan kerusakan yang terjadi khusus di bagian batas butir logam. Batas butir adalah garis-garis halus yang memisahkan satu kristal logam dengan yang lain. Pada gambar, batas-batas ini terlihat lebih gelap dan tampak seperti tergerus lebih dalam dibandingkan bagian dalam butirnya. Jenis kerusakan ini disebut korosi antar butir, yang bisa terjadi karena bagian-bagian di sekitar batas butir lebih lemah dan mudah diserang oleh asam.

Simpulan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian, hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahan coating berpengaruh terhadap laju korosi ss 316L dengan medium korosif asam sulfat 1M. laju korosi pada spesimen tanpa coating diperoleh nilai rata-rata 2,8254 mm/y, laju korosi pada spesimen coating epoxy novalux 1 layer diperoleh rata-rata 0,8069 mm/y, laju korosi pada spesimen coating epoxy novalux 2 layer diperoleh rata-rata 0,3452 mm/y, laju korosi pada spesimen coating polyurethane 1 layer diperoleh rata-rata 1,0452 mm/y, laju korosi pada spesimen coating polyurethane 2 layer diperoleh rata-rata 0,5180 mm/y, hasil terbaik adalah pada spesimen yang menggunakan bahan pelapis epoxy novalux 2 layer.
2. Berdasarkan hasil foto mikro diketahui bahwa terdapat jenis korosi seragam dan batas butir.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon. *Jurnal Teknik Its Vol. 4, No. 1. No. 1 ISSN 2337-3539*, 2301-9271.
- Aji, A. B. (2024). Analisa Pengaruh Variasi Ketebalan Serta Jenis Coating Pada Pelat Baja SS400 Terhadap Laju Korosi dan Uji Adhesi. *Departemen Teknik Perkapalan*.
- Amzah, M. (2021). Pengaruh Variasi Coating Cat Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon St37.
- Asmara, A. A. (2023). Analisa Proses Korosi Besi Safetyrailing Pada Material Pipa Besi SCH 40. *Jurnal Teknik Mesin UNESA*.
- Ardyanto, M. W. (2018). Rekayasa Komposisi Mixing Solvent Dan Varnish Terhadap Kualitas Hasil Pengecatan Menggunakan Gloss Meter. *JPTM. Volume 07 Nomor 01*, 26-33.
- Duquesne, S., Bras, M., Bourbigot, S., Delobel, R., Camino, G., Eling, B., . . . Roels, T. (2001). Thermal degradation of polyurethane and polyurethane/expandable graphite coatings. *Polymer Degradation and Stability*.
- Fahriani. (2021). Pengaruh Inhibitor Alami Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah.
- Gumelar, D. A. (2011). Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Teh Roselia (*Hibiscus sabdariffa*) sebagai

- Green Corrosion Inhibitor untuk Material Baja Karbon Rendah di Lingkungan NaCl 3,5% % pada Temperatur 50 Derajat Celsius. *Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- Ishaka, T. S. (2021). Pengaruh Ukuran Pasir Pada Perlakuan Sandblasting Yang. *Jurnal JMMME, Volume 1, Nomor 1*.
- Khamme, E., & Sakdanuphab, R. (2023). Study of corrosion properties of carbon steel, 304 and 316L stainless steels in sulfuric acid and their degradation products. *Journal of Metals Materials and Minerals*.
- Kotnarowska, D. (2010). Epoxy coating destruction as a result of sulphuric acid aqueous solution action. *Progress in Organic Coatings*, 324-328.
- Panjaitan, I. (2021). Analisis Laju Korosi Baja St37 Menggunakan Inhibitor Ekstrak Theobroma Cacao Dengan Variasi Konsentrasi 0%, 4% Dan 8% Dalam Medium Korosif Hcl 3% Pada Suhu 100 °C.
- Pattireuw, K. J. (2013). Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan H₂SO₄. . *Teknik Mesin. Manado: Universitas Sam Ratulangi*.
- Rahman, M. F. (2016). Pengaruh PH Dan Kecepatan Putaran terhadap Karakteristik Korosi Baja Karbon Rendah Pada Larutan Asam Sulfat.
- Ratminingsih, N. M. (2010). Experimental Research in Second Language Instruction. *Jurnal Prasi*, 1-6.
- Royani, A. (2020). Pengaruh Suhu Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Dalam Media Air Laut. *Jurnal Simetrik Vol.10, No.2*.
- Sahputra, H. D. (2021). Pengaruh lingkungan siklik (basah dan kering) terhadap laju korosi.
- Sidiq, M. F. (2013). Analisa Korosi Dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry Vol. 3 No. 1*, 2087-2259.
- Sinaga, S. L. (2020). Analisa Laju Korosi dan Kekerasan Pada Stainless Steel 316 L Dalam Larutan 10 % NaCl Dengan Variasi Waktu Perendaman. *SJoME Vol. 1 No. 2*.
- Sinurat, A. (2023). Analisa Laju Korosi Material Stainless Steel 316L Menggunakan Larutan Asam Klorida (HCL). *Repository Universitas HKBP Nommensen*.
- Sugiyono, 2013, Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D. (Bandung: ALFABETA)
- Suparman, R. M. (2019). Laju Korosi Pada Stainless Steel Dalam Media Peralite. *Jurnal Mekanikal, Vol. 10 No.1*., 948-954 .
- Syaiful, A. Z. (2022). Analisis Laju Korosi Dan Life Time Material Stainless Steel. *jurnal saintia*.
- Waworundeng, T. Y. (2024). Analisa Teoritis Hasil Pengendalian Korosi Pada Instalasi Pipa Minyak Perusahaan X. *Journal Mechanical Engineering (JME). vol 2.no 2*.