



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jatiunik/issue/view/76>.

JATI UNIK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri



Meningkatkan Ketahanan Korosi dan Daya Rekat Menggunakan Powder coating dan Cat Liquid pada Proses Coating Lapisan Logam

Sudarto*¹, Bayu Firmanto², Aulia Rahman Oktaviansyah³, Ahmad Amin Mansur⁴

Ssdarto06@yahoo.co.id*¹, Bayufirmanto@wisnuwardhana.ac.id², a.r.oktaviansyah@gmail.com³,
kenarok807@gmail.com⁴

^{1,4}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Wisnuwardhana

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Wisnuwardhana

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wisnuwardhana

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 14 – Maret – 2024

Revised : 25 – Maret – 2024

Accepted : 18 – April – 2024

Kata kunci :

Anti-Corrosion, Corrosion Resistance, H₂SO₄, HCl, Liquid paint, Powder coating

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :
Sudarto, “Meningkatkan Ketahanan Korosi dan Daya Rekat Menggunakan Powder coating dan Cat Liquid pada Proses Coating Lapisan Logam,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 7, no. 2, p. 124-136, 2024.

Abstract

Industrial applications widely employ powder coating to shield products from corrosion. Effective anti-corrosion coatings enhance customer satisfaction, open new markets, and withstand temperature, abrasion, and chemicals. However, powder coating and liquid paint remain options to mitigate metal damage. Corrosion behavior of coated materials exposed to strong acids was investigated to understand the influence of liquid/powder coatings and HCl/H₂SO₄. This study evaluated the corrosion resistance of A0-BS3 metal specimens coated with powder (AC1-AS3) and liquid (BC1-BS3) coatings against HCl and H₂SO₄ solutions for 7 days. Corrosion rates were calculated and compared, and surface damage was analyzed. Corrosion occurred in all materials in HCl and H₂SO₄. H₂SO₄ exhibited 25 times faster corrosion, and coatings were ineffective. Powder coating outperformed liquid paint. Acid rain can damage liquid paint. Powder coating is the preferred choice. Ongoing research aims to enhance steel corrosion resistance, compare coatings, and assess long-term effects. This study contributes significantly to combating corrosion and developing more effective and environmentally friendly anti-corrosion solutions.

Abstrak

Dunia industri telah banyak menggunakan powder coating untuk melapisi produk dan melindungi dari korosi. Pelapisan anti-korosi yang efektif, tahan temperatur, abrasi, bahan kimia, tingkatan kepuasan pelanggan, buka pasar baru. Namun, powder coating dan cat liquid masih dipertimbangkan untuk dipilih metode terbaik, dalam mengurangi kerusakan dari logam. Korosi material diteliti dengan pelapisan dan asam kuat, sehingga studi ini akan memahami perilaku korosi dengan pelapisan liquid/powder dan HCl/H₂SO₄. Penelitian ini menguji ketahanan korosi material logam dengan kode A0-BS3 yang dilapisi powder coating (AC1-AS3) dan liquid coating (BC1-BS3) terhadap larutan HCl dan H₂SO₄ selama 7 hari. Laju korosi dihitung dan dibandingkan, serta kerusakan permukaan material dianalisis. Korosi terjadi pada semua material dalam HCl dan H₂SO₄. H₂SO₄ lebih korosif (25x lebih cepat) dan cat tidak efektif. Powder coating lebih tahan korosi daripada cat cair. Hujan asam dapat merusak cat cair. Powder coating pilihan terbaik. Penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan korosi baja, membandingkan lapisan dan mengetahui efek jangka panjang. Kontribusi signifikan dalam memerangi

korosi dan membangun solusi anti-korosi lebih efektif dan ramah lingkungan.

1. Pendahuluan

Pada saat ini di industri khususnya yang menggunakan cat sebagai *finishing* produk mereka banyak yang sudah memakai serbuk atau *powder coating* untuk melindungi dari korosi dan meningkatkan daya rekat antara material logam dan lapisan cat [1][2]. Pelapisan pada material logam adalah suatu proses pengendapan partikel pada pelapisan di permukaan material logam secara non elektrolis maupun elektrolis. Proses pelapisan, dikenal sebagai pengecatan, dapat dibedakan antara pelapisan menggunakan serbuk (*powder coating*) dan menggunakan cairan (*liquid*)[3]. Proses pelapisan menggunakan baik *powder coating* maupun cat *liquid* memberikan keunggulan dalam melindungi material logam dari korosi dan meningkatkan estetika produk sesuai dengan kebutuhan, yang pada akhirnya meningkatkan nilai produk[4]. Dari kedua proses pengecatan tersebut ada kelebihan dan kekurangan masing – masing [5][6].

Korosi, musuh bebuyutan material logam, terus menerus menggerogoti struktur dan memperpendek masa pakainya. Di tengah industri yang marak menggunakan cat sebagai *finishing* produk, urgensi riset anti-korosi menjadi semakin krusial. Riset ini hadir untuk menjawab tantangan tersebut dengan mengkaji efektivitas dua metode pelapisan (*liquid* dan *powder coating*) dalam memerangi korosi menggunakan dua larutan korosi kuat (HCl dan H₂SO₄). Korosi menyebabkan kerusakan struktur dan kegagalan komponen, mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan bagi industri. Penggunaan cat anti-korosi tradisional seringkali mengandung bahan kimia berbahaya yang berdampak negatif pada lingkungan. Pelapisan anti-korosi yang efektif dapat meningkatkan kinerja produk, seperti ketahanan terhadap temperatur ekstrem, abrasi, dan bahan kimia. Produk dengan ketahanan korosi yang lebih baik dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan membuka peluang pasar baru.

Pelapis PEO yang mengandung Mn₃O₄ *nanoparticles* (MnPR-PEO) memiliki daya tahan korosi terbaik, yaitu penurunan densitas arus korosi dari 73,9 menjadi 5,5 $\mu\text{A}\cdot\text{cm}^2$ [7]. Dengan menambahkan lapisan ZLDH@PVDF memiliki daya tahan korosi luar biasa hingga 60 hari [8]. Tentunya, ketahanan korosi kait baja yang tertanam di GFRC, yang dilindungi lapisan galvanisasi kaya seng (96% Zn) [9]. Namun, dengan ketebalan lapisan ganda ini 20-30 μm dengan peningkatan potensial korosi dari -1,82 menjadi -1,4 V dan penurunan arus korosi dari 2,3 menjadi 0,37 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ [10]. Berbeda dengan pelapis mayo, mampu hingga

$2,86 \times 10^9 \Omega \text{ cm}^2$ (dua orde lebih besar) dan efektivitas antibakteri hingga 19.53% [11]. Hal ini, juga perlu didukung dengan kecepatan *sputtering* pada $0,8 \text{ As}^{-1}$ menghasilkan lapisan tantalum oksida yang paling seragam dan padat saat dilakukan eksperimen sudut pengelasan dengan faktor temperatur 5°C dan 5 menit serta mengalami asidifikasi 57,5 - 59,9 eq H+/tahun dengan prioritas tinggi 20% dibanding 70% kapasitas asidifikasi [12]–[16]. Semakin tinggi kecepatan, kontribusi lapisan AlCrFeTiNb ketahanan korosinya berkurang seiring ketebalan lapisan bertambah (hingga 2 m/s) pada laju korosi 16mm/ tahun [7], [17]. Ketebalan ini, juga perlu dikombinasi dengan lapisan Ni-P-AlN dengan konsentrasi 0.4 g/L memiliki ketahanan korosi tertinggi sebesar 86,6% , porositas menurun hingga 38% dan ketahanan aus baja 71 kali (dari $1,72 \times 10^{-3}$ menjadi $2,42 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N/m}$) dan ketahanan korosi 62 kali (dari 0,1168 menjadi 0,001869 mm/tahun) sebagai perbaikan mutu berkelanjutan [18]–[21]. Ketahanan korosi tersebut pada media *Poly3,4-ethylenedioxythiophene-polystyrenesulfonate* sebesar 3,5% dengan larutan NaCl sebagai inhibitor yang mampu meningkatkan ketahanan korosi 3,5 kali lipat, dibandingkan SPTFE 3% dengan NaCl [22]–[24]. Tidak hanya itu, jika terdapat pelapis CoNiCrAl akan menahan oksidasi pada temperatur 700°C hingga 43% dengan deviasi persediaan material 78% [25], [26]. Objek selain baja, ialah conveyor yang dilapisi limbah cat bubuk *filler* hingga 30% berat pada polietilen *low-density* (LDPE), dan mampu mengoptimalkan massa rangka sebesar 25% dan dengan menambahkan *self-healing* mampu regenerasi 97,5% [27]–[29].

Studi yang ada, bahwa anti-korosi baja, aluminium, obyek conveyor menunjukkan potensi besar, namun beberapa kelemahan perlu diatasi untuk mencapai solusi yang tahan lama. Pengujian jangka panjang, optimasi parameter proses, dan kombinasi pelapisan inovatif adalah kunci untuk meningkatkan ketahanan korosi dalam berbagai kondisi dan aplikasi. Studi ini menguak rahasia perilaku korosi material dengan memanfaatkan dua metode pelapisan (*liquid* dan *powder coating*), dan dua larutan korosi kuat (HCl dan H_2SO_4). Studi dengan menguji efektivitas pelapisan dalam memperlambat laju korosi dan mengamati perubahan luas penampang serta berat material. Studi ini dengan menguji dampak larutan (*liquid* dan *powder coating*) pada perilaku korosi material dengan menggunakan dua asam kuat (HCl dan H_2SO_4). Material yang digunakan memiliki luas penampang awal $11,4 \text{ in}^2$ dan berat 302,52 gram. Studi ini dengan luas penampang pasca uji antara $11,4 \text{ in}^2$ hingga $0,61 \text{ in}^2$ dan penurunan berat antara 289,22 gram hingga 300,62 gram. Laju korosi yang direncanakan untuk HCl adalah 56,63 (*powder coating*) dan 477,497 (*liquid*), sedangkan untuk H_2SO_4 adalah 529,25 (*powder coating*) dan 2577,557 (*liquid*). Durasi korosi selama 7 hari, dengan temperatur oven bervariasi antara 1180°C dan 2000°C . Riset ini menjanjikan

wawasan baru tentang efektivitas kombinasi *liquid* dan *powder coating* dalam memerangi korosi.

Tujuan utama riset ini adalah untuk mengungkap perilaku korosi material dengan memanfaatkan dua metode pelapisan (*liquid* dan *powder coating*) dan dua larutan korosi kuat (HCl dan H₂SO₄).

Studi ini akan menyelidiki efektivitas dua metode pelapisan (*liquid* dan *powder coating*) dalam memperlambat korosi material, menggunakan dua larutan asam kuat (HCl dan H₂SO₄) pada material dengan luas penampang awal 11,4 in² dan berat 302,52 gram. Studi ini akan mengamati perubahan luas penampang, berat material, dan laju korosi. Durasi korosi selama 7 hari dengan temperatur oven bervariasi antara 1180°C dan 2000°C. Riset ini diharapkan memberikan wawasan baru tentang kombinasi pelapisan dan larutan asam yang optimal untuk memerangi korosi.

Studi ini berkontribusi untuk mengembangkan solusi anti-korosi yang lebih efektif dan hemat biaya untuk industri. Meningkatkan ketahanan produk terhadap korosi, sehingga memperpanjang usia pakainya. Membantu industri untuk mengurangi kerugian ekonomi akibat kerusakan struktur dan kegagalan komponen. Menyediakan data dan informasi yang *valuable* bagi para peneliti dan praktisi di bidang anti-korosi.

Studi ini juga berkontribusi dalam meningkatkan pemahaman tentang mekanisme korosi dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Mengembangkan model baru untuk memprediksi laju korosi material. Memberikan wawasan baru tentang efektivitas pelapisan *liquid* dan *powder coating* dalam memerangi korosi. Menyumbangkan pengetahuan baru bagi pengembangan solusi anti-korosi yang lebih canggih di masa depan.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen 2x2 *factorial* dengan *stratified random sampling* [30]. Terdapat dua faktor independen, yaitu metode pelapisan (2 level) dan larutan pengkorosi (2 level) [31]. Sampel dibagi menjadi 4 strata berdasarkan kombinasi kedua faktor tersebut, dan dari setiap strata dipilih beberapa sampel secara acak.

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah semua material logam yang dapat dilapisi dengan *powder coating* atau *liquid coating* dan direndam dalam larutan HCl dan H₂SO₄. Sampel penelitian ini dipilih dari populasi tersebut dengan menggunakan teknik *stratified random sampling* [32]. Stratifikasi dilakukan berdasarkan dua faktor, yaitu metode pelapisan

(*powder coating* dan *liquid coating*) dan larutan pengkorosi (HCl dan H₂SO₄). Dari setiap strata, dipilih beberapa sampel secara acak. Jumlah total sampel dalam penelitian ini adalah 12, yang terdiri dari, 6 sampel untuk material yang dilapisi dengan *powder coating* dan 6 sampel untuk material yang dilapisi dengan *liquid coating*. Setiap kelompok sampel (*powder coating* dan *liquid coating*) dibagi lagi menjadi 3 subkelompok berdasarkan larutan pengkorosi, 3 sampel untuk larutan HCl dan 3 sampel untuk larutan H₂SO₄. Pemilihan sampel dengan cara ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua strata dalam populasi terwakili secara proporsional dalam penelitian

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian dengan material logam dengan kode A0 sampai BS3 diperoleh dan dilapisi dengan *powder coating* (AC1-AS3) atau *liquid coating* (BC1-BS3). Luas penampang dan berat material diukur sebelum dan setelah korosi. Laju korosi dihitung menggunakan rumus dengan mempertimbangkan densitas material, waktu pengujian, luas material yang hilang, dan berat material yang hilang. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan elektronik, alat ukur luas penampang, wadah untuk merendam sampel, termometer, pH meter, kamera, dan komputer. Bahan-bahan yang digunakan meliputi material logam, *powder coating*, *liquid coating*, larutan HCl, larutan H₂SO₄, *aquadestilat*, dan kertas filter [33].

2.4 Prosedur Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam studi ini mencangkup, material logam dengan kode A0 sampai BS3 diperoleh dan dilapisi dengan *powder coating* (AC1-AS3) atau *liquid coating* (BC1-BS3). Material dilakukan uji korosi di larutan HCl dan H₂SO₄ selama 7 hari. Setelah uji, luas penampang dan berat material dianalisis sebelum dan setelah korosi. Laju korosi ditutup menggunakan rumus dengan menggunakan densitas material, waktu pengujian, luas material yang hilang, dan berat material yang hilang. Hasil uji korosi dibandingkan antara lapisan *powder coating* dan *liquid coating* pada material terhadap larutan HCl dan H₂SO₄, serta analisis kerusakan permukaan material setelah uji korosi [34].

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melalui berbagai tahapan pengujian, studi ini memperoleh hasil pengukuran dan penimbangan pada material logam yang telah dilapisi dengan dua metode, yaitu *powder coating* dan *liquid coating*, kemudian menghitung laju korosi. Kode A0 adalah luas penampang material sebelum korosi, w_0 adalah berat material sebelum korosi, A_i adalah

luas penampang material setelah korosi, w_i adalah berat material setelah korosi, A adalah luas material yang hilang akibat korosi, w adalah berat material yang hilang akibat korosi (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Perubahan Luas Penampang dan Berat Material Logam akibat Pelapisan *Powder coating* dan Uji Korosi Serbuk (*Powder coating*)

Larutan Pengkorosi	Kode bahan	A_0 (in ²)	A_i (in ²)	A (in ²)	w_0 (g)	w_i (g)	w (g)
HCL	AC ₁	11.4	11.4	0	302.52	302.32	0.1
	AC ₂	11.4	11.4	0	302.52	302.22	0.2
	AC ₃	11.4	11.4	0	302.52	302.42	0
H2SO4	AS ₁	11.4	11.4	0	302.52	300.92	1.5
	AS ₂	11.4	11.4	0	302.52	300.32	1.2
	AS ₃	11.4	11.3	0.1	302.52	300.32	2.1

(Sumber: Uji Eksperimen, 2023)

Tabel 2. Perubahan Luas Penampang dan Berat Material Logam akibat Pengecatan menggunakan *Liquid* dan Uji Korosi Cair (*Liquid*)

Larutan Pengkorosi	Kode bahan	A_0 (in ²)	A_i (in ²)	A (in ²)	w_0 (g)	w_i (g)	w (g)
HCL	BC ₁	11.4	11.4	0	302.52	300.62	1.8
	BC ₂	11.4	11.4	0	302.52	299.82	2.6
	BC ₃	11.4	11.4	0	302.52	299.92	2.5
H2SO4	BS ₁	11.4	10.79	0.61	302.52	289.52	12
	BS ₂	11.4	10.91	0.49	302.52	290.52	11.5
	BS ₃	11.4	10.85	0.55	302.52	289.22	12.3

(Sumber: Uji Eksperimen, 2023)

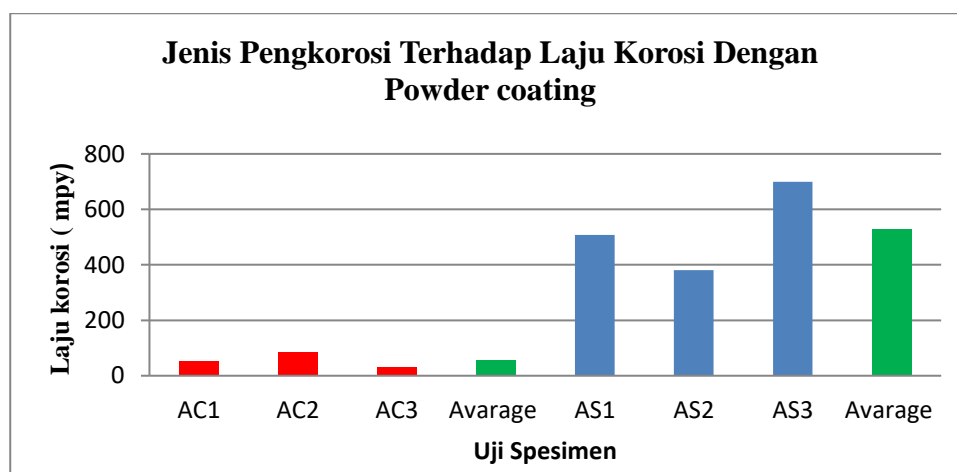
Pelapisan *powder coating* tidak menunjukkan perubahan signifikan pada luas penampang ($A = 0$) untuk semua kode bahan dan larutan pengkorosi (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa *powder coating* efektif dalam melindungi material logam dari korosi, sehingga luas penampangnya tetap terjaga. Perubahan berat (w) material logam akibat pelapisan *powder coating* minimal, berkisar antara 0.1 g hingga 0.2 g. Hal ini menunjukkan bahwa *powder coating* tidak memberikan pengaruh besar pada massa material logam. Pengecatan *liquid* menunjukkan perubahan luas penampang (A) yang bervariasi, dengan nilai tertinggi 0.61 in² untuk larutan H2SO4 (kode BS1). Hal ini menunjukkan bahwa pengecatan *liquid* kurang efektif dalam melindungi material logam dari korosi dibandingkan *powder coating* (Tabel 2). Perubahan berat (w) material logam akibat pengecatan *liquid* lebih signifikan, berkisar antara 1.8 g hingga 2.6 g untuk larutan HCl. Hal ini menunjukkan bahwa pengecatan *liquid* dapat memengaruhi massa material logam lebih besar dibandingkan *powder coating*. Larutan H2SO4 umumnya menyebabkan perubahan luas

penampang (A) dan berat (w) yang lebih besar dibandingkan HCl, baik untuk pelapisan *powder coating* maupun pengecatan *liquid*. Hal ini menunjukkan bahwa H₂SO₄ lebih korosif dibandingkan HCl. Kode bahan BS3 menunjukkan perubahan luas penampang (A) dan berat (w) yang paling besar, baik untuk pelapisan *powder coating* maupun pengecatan *liquid* dengan larutan H₂SO₄. Hal ini menunjukkan bahwa kode bahan BS3 paling rentan terhadap korosi.

Tabel 3. Laju Korosi dengan Serbuk (*Powder coating*)

Larutan Pengkorosi	Kode bahan	A (in ²)	W (mg)	D (g/cm ³)	T (jam)	Laju korosi (mpy)	Laju korosi Rata- Rata
HCL	AC1	11.4	100	0.94	168	53,63	56,63
	AC2	11.4	200	0.94	168	85,44	
	AC3	11.4	100	0.94	168	30,81	
H2SO4	AS1	11.4	1500	0.94	168	508,04	529,25
	AS2	11.4	1100	0.94	168	380,78	
	AS3	11.4	2100	0.94	168	698,93	

(Sumber: Uji Eksperimen, 2023)



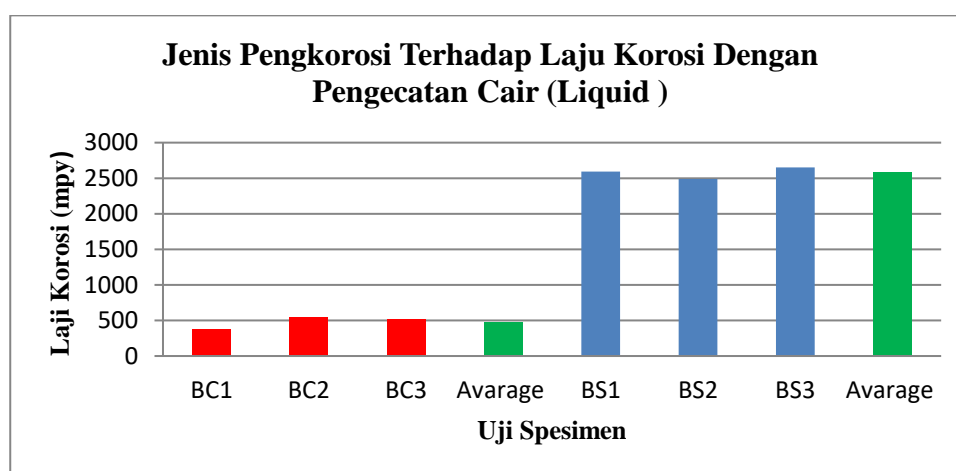
Gambar 1. Laju Korosi Dengan Serbuk (*Powder coating*)
(Sumber: Olah data, 2023)

Laju korosi material yang dilapisi *powder coating* terhadap dua larutan pengkorosi, HCl dan H₂SO₄. Pengujian dilakukan selama 168 jam (7 hari) dengan variasi kode bahan, luas penampang awal (A), berat awal (W), densitas (D), dan temperatur (T). Ketahanan korosi tinggi, karena seluruh sampel dengan pelapisan *powder coating* (AC1, AC2, AC3, AS1, AS2, AS3) menunjukkan ketahanan korosi yang tinggi terhadap larutan HCl dan H₂SO₄ selama 7 hari. Tidak terjadi korosi cat pada material tidak mengalami korosi meskipun direndam dalam larutan asam (Gambar 1). Pelapisan *powder coating* memberikan perlindungan efektif terhadap penetrasi korosi, menjaga material tetap utuh. Laju korosi bervariasi antar sampel. Namun secara keseluruhan masih dalam batas aman (Tabel 3).

Tabel 4. Laju Korosi dengan Cair (*Liquid*)

Larutan Pengkorosi	Kode bahan	A (in ²)	W (mg)	D (g/cm ³)	T (jam)	Laju korosi (mpy)	Laju korosi Rata-Rata
HCL	BC1	11.4	1800	1.5	168	377,81	477,497
	BC2	11.4	2600	1.5	168	537,31	
	BC3	11.4	2500	1.5	168	517,37	
H2SO4	BS1	11.4	12900	1.5	168	2590,85	2577,557
	BS2	11.4	12400	1.5	168	2491,16	
	BS3	11.4	13200	1.5	168	2650,66	

(Sumber: Uji Eksperimen, 2023)



Gambar 2. Diagram Laju Korosi dengan Cair (*Liquid*)
 (Sumber: Olah data, 2023)

Korosi terjadi pada semua sampel yang direndam dalam larutan HCl dan H₂SO₄ selama 7 hari (168 jam). Larutan H₂SO₄ jauh lebih korosif dibandingkan HCl, dengan laju korosi rata-rata 25 kali lipat lebih tinggi (Tabel 4). Larutan HCl menunjukkan laju korosi yang lebih rendah dibandingkan H₂SO₄. Hal ini terlihat dari nilai laju korosi rata-rata yang lebih rendah untuk semua sampel (477,497 mpy vs 2577,557 mpy). Larutan H₂SO₄ menyebabkan korosi yang lebih parah pada material, dengan kerusakan yang menembus lapisan cat dan material itu sendiri (Gambar 2). Hal ini terlihat dari deskripsi permukaan lebih kecokelatan dan korosi pada seluruh lapisan cat dan menembus pada material pada sampel BS2 dan BS3. Korosi pada semua sampel terjadi pada permukaan material dan menyebabkan cat terkelupas. Hal ini menunjukkan bahwa cat tidak mampu melindungi material secara efektif terhadap korosi. Laju korosi dalam setiap kelompok sampel (HCL dan H₂SO₄) menunjukkan variasi. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti variasi ketebalan cat, cacat pada permukaan material, atau variasi komposisi larutan korosi.

Laju korosi untuk kedua jenis pelapis lebih cepat terhadap H₂SO₄ dibandingkan dengan HCl. Hal ini disebabkan oleh sifat H₂SO₄ yang dapat larut dalam air dan mengoksidasi logam, sehingga mampu mengkorosikan logam dengan lebih cepat. H₂SO₄ juga banyak terdapat dalam air hujan, sehingga material yang dilapisi dengan cat cair lebih rentan terhadap korosi akibat paparan air hujan. Lapisan CoNiCrAl dan NiMoCr pada baja tahan karat 316L tahan oksidasi baik di 700°C, tapi kinerjanya di cairan garam lebur berbeda. Lapisan CoNiCrAl bagus lawan garam karbonat, tapi buruk lawan ZnCl₂/MgCl₂ akibat lapisan pelindung rusak. Lapisan NiMoCr lebih baik lawan ZnCl₂/MgCl₂ karena Mo menguatkan Cr [25]. Tidak hanya itu, lapisan oksidasi anodik (AO) cerium (Ce) pada pelapis oksidasi mikro-arc (MAO) untuk meningkatkan ketahanan korosi dan membunuh bakteri. Hasil uji elektrokimia dan antibakteri menunjukkan peningkatan yang signifikan [11].

Pengamatan visual menunjukkan bahwa permukaan material yang dilapisi dengan *powder coating* tidak terkelupas setelah uji korosi terhadap HCl dan H₂SO₄. Sebaliknya, permukaan material yang dilapisi dengan cat cair terkelupas, menunjukkan terjadinya pengelupasan cat dan korosi pada material logam, sehingga salah satunya dengan magnesium dan paduannya berpotensi tinggi untuk implan ortopedi karena cocok secara biologis dan mekanis, namun degradasi cepat membatasi penggunaannya. Penelitian ini mengusulkan pelapis PCL dengan partikel nano bioaktif PZIF-8 untuk mengatasi masalah tersebut. Hasil uji korosi dan implantasi pada kelinci menunjukkan bahwa pelapis ini efektif memperlambat degradasi magnesium, meningkatkan bioaktivitas, dan mempercepat pembentukan tulang [35].

Powder coating memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan dengan cat cair terhadap HCl dan H₂SO₄. Hal ini disebabkan oleh perbedaan bahan dasar kedua jenis pelapis dan sifat H₂SO₄ yang lebih korosif dibandingkan dengan HCl, sehingga keberlanjutan untuk lapisan baja tahan karat dikembangkan dengan laser untuk meningkatkan ketahanan aus dan korosi baja pada operasi pembajakan dan pertambangan. Hasilnya menunjukkan peningkatan kekerasan mikro, keausan (2.42×10^{-6} mm³/N/m), dan ketahanan korosi (0.001869 mm/tahun) yang jauh lebih baik dibanding baja awal [20].

4. Kesimpulan

Korosi terjadi pada semua sampel yang direndam dalam larutan HCl dan H₂SO₄ selama 7 hari. Larutan H₂SO₄ terbukti jauh lebih korosif daripada HCl, dengan laju korosi rata-rata yang 25 kali lebih tinggi. Cat tidak mampu memberikan perlindungan yang efektif terhadap korosi dalam kedua jenis larutan tersebut. *Powder coating* menunjukkan ketahanan

yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan cat cair terhadap kedua jenis larutan tersebut. Dalam konteks ini, *powder coating* dapat menjadi pilihan yang lebih baik untuk melindungi material dari korosi, terutama dalam lingkungan yang mengandung H₂SO₄. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi laju korosi, mengembangkan cat cair yang lebih tahan terhadap H₂SO₄. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya melawan korosi dan meningkatkan ketahanan produk, yang dapat mengarah pada pengembangan solusi anti-korosi yang lebih efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan di industri.

Daftar Pustaka

- [1] I. W. G. Arthana and I. M. Widiyarta, “Ketahanan Aus Lapisan Ni-Cr Powder Flame Spray Coating,” *Thesis Univ. Udayana*, vol. 14, no. 2, pp. 87–92, 2014.
- [2] Y. Nofendri, B. Martino, N. Erzha Sulistiono, G. Panji Saputro, I. Ady Prasetyo, and A. Fuaddy, “The Effect of Sandblasting Pressure Variations on *Powder coating* Films,” *J. Konversi Energi Dan Manufaktur*, vol. 7, no. 1, pp. 42–46, 2021.
- [3] A. M., “Perbedaan Hasil Laju Korosi *Powder coating* dan Pengecatan Cair pada Baja Karbon,” *Jur. Tek. Mesin, Univ. Merdeka Malang*, vol. 5, no. 1, pp. 7–13, 2016.
- [4] M. . Claase, P. Vercoulen, and T. . Misev, “*Powder coatings* and the Effects of Particle Size. In: Merkus, H., Meesters, G. (eds) *Particulate Products.*,” *Part. Technol. Ser. Springer, Cham.*, vol. 19, no. 00714–4_13, 2014, doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319->
- [5] R. Djunaidi, “Pengaruh Pelapisan Serbuk Stelite 6 Dengan Proses Logam Nyala Api Oksi Asetelin Terhadap Ketahanan Aus,” *Tek. J. Tek.*, vol. 3, no. 2, p. 113., 2017, doi: <https://doi.org/10.35449/teknika.v3i2.45>.
- [6] R. Ahmad and M. R. Ajer, “Investigation of epoxy powder coated galvanized steel substrate through electrostatic *powder coating* system,” *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 2622–2638, 2015, doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.11.2015.40.0221>.
- [7] S. Bahrapour, A. Bordbar-Khiabani, M. Hossein Siadati, M. Gasik, and M. Mozafari, “Improving the inflammatory-associated corrosion behavior of magnesium alloys by Mn₃O₄ incorporated plasma electrolytic oxidation *coatings*,” *Chem. Eng. J.*, vol. 483, no. November 2023, p. 149016, 2024, doi: 10.1016/j.cej.2024.149016.
- [8] J. M. Alghamdi, H. A. Alqahtani, N. Dalhat, M. Zubair, S. A. Haladu, and M. S. Manzar, “Double Hydroxide / Polyvinylidene Fluoride LDH @ PVDF composite *coatings*,” *Arab. J. Chem.*, p. 105775, 2024, doi: 10.1016/j.arabj.2024.105775.
- [9] H. Gerengi, M. Marasli, M. Rizvi, B. Kohen, and I. Taskiran, “Protection of steel hooks embedded in glass-fiber-reinforced concrete against macrocell corrosion,” *Pet. Res.*, 2024, doi: 10.1016/j.ptlrs.2024.01.001.
- [10] M. M. Bardizadeh, N. Aboudzadeh, A. khavandi, and A. Eivani, “A bilayer *coating* of nHA/PLGA to progress Mg corrosion resistance and cytocompatibility for

- orthopedic application,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 29, no. December 2023, pp. 2483–2492, 2024, doi: 10.1016/j.jmrt.2024.02.021.
- [11] E. Yang *et al.*, “Corrosion resistance and antibacterial properties of hydrophobic modified Ce-doped micro-arc oxidation coating,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 29, no. November 2023, pp. 3303–3316, 2024, doi: 10.1016/j.jmrt.2024.02.052.
- [12] M. Soltanalipour, J. Khalil-Allafi, A. Mehrvarz, and A. Kahaie Khosrowshahi, “Effect of sputtering rate on morphological alterations, corrosion resistance, and endothelial biocompatibility by deposited tantalum oxide coatings on NiTi using magnetron sputtering technique,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 29, no. November 2023, pp. 3279–3290, 2024, doi: 10.1016/j.jmrt.2024.02.098.
- [13] L. N. Atmaja, H. B. Santoso, and A. Komari, “Analisa Pengaruh Sudut Pengelasan Dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan Pada Pengelasan Plat (Square Plat) Menggunakan SMAW,” *JURMATIS J. Ilmial Mhs. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 131–140, 2019.
- [14] S. Sukram and S. Sutikno, “Pengaruh Suhu Dan Waktu Tinggal Terhadap Kecenderungan Menguning Pada Proses Produksi Aluminium Fasad,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 64–73, 2019, doi: 10.30737/jatiunik.v2i2.330.
- [15] H. C. Ramadhan, A. E. Nurhidayat, and S. Perdana, “Penerapan Metode Life Cycle Assessment Pada Produksi Baja Canai Dingin di PT. XYZ,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.*, vol. 4, no. 2, p. 99, 2022, doi: 10.30737/jurmatis.v4i2.2085.
- [16] A. D. Iskandar and S. Sutrisno, “Efisiensi Persediaan Material dengan Metode Activity Based Costing pada PT. XYZ,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2023, doi: 10.30737/jurmatis.v5i1.2198.
- [17] J. Yang, K. Zhao, J. Liang, W. Zhang, and J. Yang, “Corrosion behavior of coatings in flowing lead–bismuth eutectic alloy with saturated oxygen concentration at 550,” *Nucl. Mater. Energy*, vol. 36, no. September, 2023, doi: 10.1016/j.nme.2023.101499.
- [18] M. S. Khan, M. Farhan, O. Fayyaz, and R. A. Shakoore, “Effect of AlN nanoparticle concentration in the electrolyte on corrosion resistance and mechanical properties of the electrodeposited composite coatings,” *Mater. Today Commun.*, vol. 38, no. November 2023, p. 108330, 2024, doi: 10.1016/j.mtcomm.2024.108330.
- [19] Z. Shabani Chafjiri, A. Abdollah-zadeh, R. A. Seraj, and A. Azarniya, “Effect of cold spray processing parameters on the microstructure, wear, and corrosion behavior of Cu and Cu–Al₂O₃ coatings deposited on AZ31 alloy substrate,” *Results Eng.*, vol. 20, no. November, p. 101594, 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101594.
- [20] B. P. Aramide, T. Jamiru, T. A. Adegbola, A. P. I. Popoola, and S. L. Pityana, “Mechanical, wear and corrosion behaviours of laser additive manufactured iron-based heterogeneous composite coatings for tillage tools,” *Results in Surfaces and Interfaces*, vol. 15, no. January, p. 100214, 2024, doi: 10.1016/j.rsurfi.2024.100214.
- [21] R. Ardianto, F. I. Puspita, R. A. Prahastuti, and ..., “Solusi Berkelanjutan untuk Perbaikan Kualitas Innerbox di PT. BKI Surabaya,” *JURMATIS J. Ilm. Mhs. Tek. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–23, 2024, [Online]. Available: <https://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/article/view/5203%0Ahttps://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/article/download/5203/3385>.

- [22] A. Fattah-alhosseini, R. Chaharmahali, and M. Kaseem, “Corrosion behavior amelioration of Ti-based alloys by the hybrid plasma electrolytic oxidation (PEO)/polymer *coatings*: A review,” *Hybrid Adv.*, vol. 5, no. December 2023, pp. 1–12, 2024, doi: 10.1016/j.hybadv.2024.100151.
- [23] M. O. Egbuhuzor, C. O. Akalezi, S. B. Ulaeto, D. I. Njoku, and B. I. Onyeachu, “Electro-deposited nanocomposite *coatings* and their behaviours against aqueous and high-temperature corrosion : A review,” *Hybrid Adv.*, vol. 5, no. December 2023, p. 100180, 2024, doi: 10.1016/j.hybadv.2024.100180.
- [24] Z. Li, P. Visser, A. E. Hughes, A. Homborg, Y. Gonzalez-Garcia, and A. Mol, “Review of the state of art of Li-based inhibitors and *coating* technology for the corrosion protection of aluminium alloys,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 478, no. December 2023, p. 130441, 2024, doi: 10.1016/j.surfcoat.2024.130441.
- [25] N. Abu-warda, J. Bedmar, S. García-Rodriguez, M. V. Utrilla, B. Torres, and J. Rams, “Impact of molten salts composition on the corrosion behavior of NiMoCr and CoNiCrAl *coatings* on L-PBF 316L stainless steel for CSP plants,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 482, no. April, p. 130744, 2024, doi: 10.1016/j.surfcoat.2024.130744.
- [26] M. Yaqot, B. C. Menezes, and J. D. Kelly, “Real-time coordination of multiple shuttle-conveyor-belts for inventory control of multi-quality stockpiles,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 178, no. November 2022, p. 108388, 2023, doi: 10.1016/j.compchemeng.2023.108388.
- [27] P. V. Boslovyak and E. N. Tolkachev, “Metal construction optimization of drive suspension of special belt conveyor,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 25, pp. 198–202, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.12.472.
- [28] N. C. M. Spera, C. Salazar-Castro, P. C. Álvarez de Eulate, Y. V. Kolenko, and J. P. S. Sousa, “Self-healing core-shell nanofibers for corrosion protective *coatings* for offshore structures,” *Prog. Org. Coatings*, vol. 191, no. December 2023, 2024, doi: 10.1016/j.porgcoat.2024.108424.
- [29] C. Harsito, A. Xaverius, S. D. Prasetyo, P. Wulansari, and J. A. Pradana, “Conveyor Pengangkut Sampah Otomatis dengan Load Cell dan Flow Sensor,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 18–33, 2021, doi: 10.31289/jmemme.v5i1.4177.
- [30] K. Paterson, M. Silverstan, and B. Beckingham, “Enumeration of microparticles on a gridded filter using a stratified random sampling tool,” *MethodsX*, vol. 11, p. 102284, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102284>.
- [31] E. Potash *et al.*, “Multi-site evaluation of stratified and balanced sampling of soil organic carbon stocks in agricultural fields,” *Geoderma*, vol. 438, p. 116587, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116587>.
- [32] A. Kumar, S. Bhushan, M. S. Mustafa, R. Aldallal, H. M. Aljohani, and F. A. Almulhim, “Novel imputation methods under stratified simple random sampling,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 95, pp. 236–246, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.03.088>.
- [33] Z. Du, S. Wen, J. Wang, C. Yin, D. Yu, and J. Luo, “The review of *powder coatings*,” *J. Mater. Sci. Chem. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 54-59., 2016.
- [34] Y. Kismet, A. Dogan, and M. H. Wagner, “Thermoset *powder coating* wastes as filler

- in LDPE – Characterization of mechanical, thermal and morphological properties,” *Polym. Test.*, vol. 93, no. October 2020, p. 106897, 2021, doi: 10.1016/j.polymertesting.2020.106897.
- [35] Q. Fu *et al.*, “Polydopamine-modified metal-organic frameworks nanoparticles enhance the corrosion resistance and bioactivity of polycaprolactone *coating* on high-purity magnesium,” *J. Magnes. Alloy.*, no. xxxx, 2024, doi: 10.1016/j.jma.2023.12.014.