

**PROSES PELAPISAN CELUP PADA PLAT BAJA GALVANIS
MENGGUNAKAN BAHAN PELAPIS BASAL 250 MESH DAN POLIMER
DAMAR SEBAGAI INHIBITOR UNTUK MENINGKATKAN
KETAHANAN KOROSI**

(Skripsi)

Oleh

**KHOIROTUL MUDRIKATU SILFI
NPM 2117041051**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PROSES PELAPISAN CELUP PADA PLAT BAJA GALVANIS
MENGGUNAKAN BAHAN PELAPIS BASAL 250 MESH DAN POLIMER
DAMAR SEBAGAI INHIBITOR UNTUK MENINGKATKAN
KETAHANAN KOROSI**

Oleh
KHOIROTUL MUDRIKATU SILFI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada
Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PROSES PELAPISAN CELUP PADA PLAT BAJA GALVANIS MENGGUNAKAN BAHAN PELAPIS BASAL 250 MESH DAN POLIMER DAMAR SEBAGAI INHIBITOR UNTUK MENINGKATKAN KETAHANAN KOROSI

Oleh

KHOIROTUL MUDRIKATU SILFI

Telah dilakukan penelitian proses pelapisan celup pada plat baja galvanis. Pelapisan menggunakan bahan pelapis basal 250 mesh dan ditambah inhibitor polimer damar untuk meningkatkan ketahanan korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pelapisan bubuk basal 250 mesh dalam mencegah korosi pada plat baja galvanis, serta menganalisis pengaruh pemanasan terhadap peningkatan kekerasan plat baja galvanis. Sampel baja galvanis diberi perlakuan panas (*furnace*) pada suhu 400, 500 dan 600°C dengan waktu pemanasan selama 30 dan 60 menit sebelum dilakukan proses pelapisan. Pengujian laju korosi dilakukan dengan cara direndam menggunakan larutan NaCl 2% dan HCl 2% selama 24, 48, 96, 120 hingga 144 jam untuk mengamati laju korosi. Pelapisan berbahan basal 250 mesh dan perlakuan panas efektif menurunkan laju korosi pada plat baja galvanis. Perlakuan panas menurunkan kekerasan plat baja, di mana baja galvanis tanpa pemanasan memiliki nilai kekerasan lebih tinggi yaitu ASN sebesar 0,80 GPa dan BSH sebesar 1,10 GPa. Uji kekerasan dan ketebalan pelapis juga dilakukan untuk menilai kualitas pelapisan. Karakterisasi dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk menganalisis morfologi dan komposisi unsur pada sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelapisan dengan basal mampu meningkatkan ketahanan korosi namun pemanasan plat baja dapat menurunkan kekerasan plat baja galvanis.

Kata Kunci: baja galvanis, basal, korosi, uji kekerasan, uji ketebalan.

ABSTRACT

DIP COATING PROCESS ON GALVANIZED STEEL PLATE USING 250 MESH BASALT COATING MATERIAL AND DAMAR POLYMER AS AN INHIBITOR TO ENHANCE CORROSION RESISTANCE

By

KHOIROTUL MUDRIKATU SILFI

A study on the dip coating process of galvanized steel plates has been conducted. The coating used 250 mesh basalt powder combined with a damar polymer inhibitor to enhance corrosion resistance. This research aims to evaluate the effectiveness of the 250-mesh basalt powder coating in preventing corrosion on galvanized steel plates, as well as to analyse the effect of heat treatment on the hardness improvement of the galvanized steel. Galvanized steel samples were heat treated (*furnace*) at temperatures of 400, 500 and 600°C with heating times of 30 and 60 minutes before the coating process. Corrosion testing was performed by immersing the samples in 2% NaCl and 2% HCl solutions for 24, 48, 96, 120, and 144 hours to observe the corrosion rate. The results showed that both the basalt coating and the heat treatment effectively reduced the corrosion rate on the galvanized steel plates. Heat treatment reduces the hardness of the steel plate, where galvanized steel without heating has a higher hardness value, namely ASN of 0.80 GPa and BSH of 1.10 GPa. Hardness and coating thickness tests were also carried out to assess the quality of the coating. Characterization was carried out using Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) and X-Ray Fluorescence (XRF) to analyse the morphology and elemental composition on the sample. The results showed that coating with basalt was able to improve corrosion resistance; however, heating the steel plate reduced the hardness of the galvanized steel.

Keywords: galvanized steel, basal, corrosion, hardness test, thickness test.

Judul Skripsi : Proses Pelapisan Celup pada Plat Baja Galvanis Menggunakan Bahan Pelapis Basal 250 Mesh dan Polimer Damar Sebagai Inhibitor untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi

Nama Mahasiswa : Khoirotul Mudrikatu Siffi

Nama Pokok Mahasiswa : 2117041051

Program Penelitian : Fisika

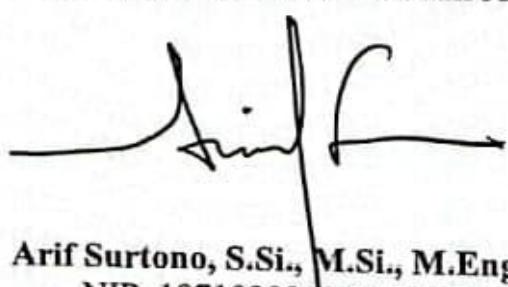
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D
NIP. 195903081991031001


Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc.
NIP. 198203272015021002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA


Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.

Sekretaris

: Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc.

Anggota

: Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian : 05 Agustus 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khoirotul Mudrikatu Silfi

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117041051

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya dengan judul "**Proses Pelapisan Celup pada Plat Baja Galvanis Menggunakan Bahan Pelapis Basal 250 Mesh dan Polimer Damar Sebagai Inhibitor Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi**" adalah benar hasil karya saya sendiri, baik ide, hasil, maupun analisisnya. Selanjutnya, saya tidak keberatan jika sebagian atau keseluruhan data di dalam skripsi digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 05 Agustus 2025



Khoirotul Mudrikatu Silfi
NPM. 2117041051

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Khoirotul Mudrikatu Silfi dilahirkan di Pugung, Tanggamus pada tanggal 06 Agustus 2002. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Ali Mahmudin dan Ibu Khomsatun. Penulis memulai pendidikan di MIS Mathla'ul Anwar Kebumen pada tahun 2009-2015, lalu melanjutkan di SMPN 1 Talang Padang pada tahun 2015-2018, serta melanjutkan sekolah menengah atas di MAN 1 Pringsewu pada tahun 2018-2021.

Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Berdasarkan Tes (SNBT). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) dibidang Saintek pada tahun 2021-2022. Penulis aktif sebagai asisten praktium untuk mata kuliah Praktikum Elektronika Dasar pada semester ganjil tahun ajaran 2023/2024 dan 2024/2025.

Selama menempuh Pendidikan S1 Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Material. Penulis menempuh Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung dengan judul “Teknik Kalibrasi Termometer Gelas dengan Metode: JIS Z 8710 1993 *Temperature Measurement-General Equipment* di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung” pada bulan Januari 2024. Pada Juni 2024 penulis aktif dalam program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Siger Berjaya di Pekon Padang Ratu, Kecamatan Limau, Kabupaten Tanggamus.

Penulis melakukan penelitian tugas akhir di Laboratorium Pengolahan Mineral Non Logam, Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan pada bulan Oktober 2024 hingga Desember 2024 dengan judul “Proses Pelapisan Celup pada Plat Baja Galvanis Menggunakan Bahan Pelapis Basal 250 Mesh dan Polimer Damar Sebagai Inhibitor Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi”.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

Q.S. Al-Baqarah : 286

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.

Q.S. Al-Insyirah : 4

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT penulis mempersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku **Bapak Ali Mahmudin dan Ibu Khomsatun**

Terima kasih atas semua doa dan dukungan yang senantiasa diberikan untuk keberhasilan sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan sebagai Sarjana Sains.

Saudaraku **Maftuhatun Ulfatul Hikmah dan Fathan Amrulloh Alamsyah**

Terima kasih atas semua doa dan dukungannya selama ini.

Keluarga Besar dan Sahabat Terimakasih atas segala doa dan bentuk dukungan yang diberikan.

Bapak-Ibu Dosen Terima kasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Proses Pelapisan Celup pada Plat Baja Galvanis Menggunakan Bahan Pelapis Basal 250 Mesh dan Polimer Damar Sebagai Inhibitor Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi**". Tujuan penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bentuk perbaikan penulis kedepannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan tambahan wawasan mengenai penelitian mengenai pelapisan untuk pencegahan korosi serta dapat menjadi penelitian literatur pada penelitian selanjutnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 05 Agustus 2025



Khoirotul Mudrikatu Silfi

SANWANCANA

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Proses Pelapisan Celup pada Plat Baja Galvanis Menggunakan Bahan Pelapis Basal 250 Mesh dan Polimer Damar Sebagai Inhibitor Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi”** sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Fisika di Universitas Lampung. Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis menghadapi berbagai tantangan, baik dari dalam diri maupun dari luar. Namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu penulis pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, B.Sc., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan saran berharga selama proses penulisan skripsi ini;
2. Bapak Muhammad Amin, S.T. dan Bapak Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing Kedua yang senantiasa memberikan kritik membangun dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan demi penyempurnaan skripsi ini;
4. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan dukungan selama masa studi;
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung;
6. Pimpinan BRIN dan seluruh staf BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini;
7. Seluruh Dosen Fisika yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengetahuan berharga selama masa studi;

8. Kedua orang tuaku dan saudara tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
9. Sahabat penulis yaitu Dewi Santi, Annisa Satari Putri, dan Lili Nuraini yang selalu mendukung dan bersama-sama penulis dari awal penyusunan skripsi hingga selesai, serta rekan penelitian yaitu Devi Kurnia Safitri, Muhammad Dzaki Nurrahman, dan Rika Emilia.
10. Teman-teman seperjuangan Fisika angkatan 2021 yang selama ini menemani dan membantu penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.

Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga Allah SWT senantiasa meridhoi dan memberikan balasan terbaik kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, 05 Agustus 2025



Khoirotul Mudrikatu Silfi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Plat Baja Galvanis.....	5
2.2 Korosi.....	6
2.3 Pelapisan Permukaan	8
2.4 Basal.....	9
2.5 Karakterisasi Plat Baja Galvanis.....	10
2.5.1 SEM-EDX	10
2.5.2 X-Ray Fluorescence (XRF)	11
2.5.3 Uji Kekerasan	12
2.5.4 Uji Ketebalan.....	14
III. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat Penelitian	16
3.2.2 Bahan Penelitian	16
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Preparasi Sampel Baja	17
3.3.2 Pembuatan Larutan Pelapis	17
3.3.3 Proses Pelapisan Celup.....	17
3.3.4 Proses Uji Laju Korosi	18
3.4 Karakterisasi Sampel	19
3.5 Kode Sampel.....	20

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Karakterisasi Bahan	24
4.2 Hasil Uji Ketebalan Lapisan Sampel Plat Baja.....	26
4.3 Hasil Uji Kekerasan Sampel Plat Baja.....	28
4.4 Hasil Uji Laju Korosi.....	34
4.5 Hasil Karakterisasi	37
4.5.1 Hasil Karakterisasi XRF Portabel Sampel Plat Baja Galvanis.....	37
4.5.2 Hasil Karakterisasi SEM-EDX	40
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Simpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar	
1. Plat baja galvanis.	5
2. Bentuk dan ukuran spesimen.	5
3. Permukaan logam yang mengalami korosi (Nasir <i>et al.</i> , 2022).....	7
4. Hasil karakterisasi SEM baja galvanis (Chen et al., 2023).....	11
5. Skema uji kekerasan.	13
6. Skema geometri ketebalan lapisan (Paar, 2016).....	14
7. Skema pembentukan indentasi vickers.	20
8. Diagram alir preparasi sampel baja.....	21
9. Diagram alir pembuatan larutan pelapis.	22
10. Diagram alir proses pelapisan celup.	22
11. Diagram alir uji laju korosi.	23
12. Hasil uji ketebalan sampel plat baja galvanis setelah direndam pada larutan a) NaCl dan b) HCl.	27
13. Hasil uji kekerasan, batang eror menunjukkan standar deviasi (\pm) pada (a) NaCl dan (b) HCl.	31
14. Mikrografi visual uji kekerasan plat baja galvanis kode ASN, BSH, C43N, D46H, E53N, F56H, G63N dan H66H.	33
15. Hasil uji laju korosi pada media korosif larutan NaCl 2%.	35
16. Hasil uji laju korosi pada media korosif larutan HCl 2%.	36
17. Hasil Karakterisasi SEM-EDX (a) morfologi dan (b) penyebaran unsur kimia.	40
18. Hasil karakterisasi SEM-EDX (a) plat baja ASN (b) plat baja BSH, dan penyebaran unsur kimia (c) plat baja ASN (d) plat baja BSH.	42

19. Hasil karakterisasi SEM-EDX (a) plat baja C43N, (b) plat baja E53N, (c) plat baja G63N, dan penyebaran unsur kimia (d) plat baja C43N, (e) plat baja E53N, (f) plat baja G63N.	44
20. Hasil karakterisasi SEM-EDX (a) plat baja D46H, (b) plat baja F56H, (c) plat baja H66H, dan penyebaran unsur kimia (d) plat baja D46H, (e) plat baja F56H, (f) plat baja H66H.	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel	
1. Kode sampel.....	21
2. Hasil karakterisasi komposisi sampel plat baja galvanis	24
3. Kandungan senyawa basal (Amin dan Suharto, 2017)	25
4. Kandungan senyawa damar (Mulyono <i>et al.</i> , 2012)	26
5. Hasil karakterisasi XRF sampel plat baja tanpa pelapis	37
6. Hasil karakterisasi XRF plat baja dengan pelapis di NaCl 2%	38
7. Hasil karakterisasi XRF plat baja dengan pelapis di HCl 2%	39
8. Komposisi unsur plat baja galvanis standar dengan EDX	41
9. Komposisi unsur plat baja ASN dan BSH dengan EDX	43
10. Komposisi unsur plat baja C43N, E53N dan G63N dengan EDX	46
11. Komposisi unsur plat baja D46H, F56H dan H66H dengan EDX	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plat baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam berbagai industri karena kekuatan dan daya tahan yang dimilikinya. Salah satunya adalah plat baja galvanis. Baja galvanis adalah baja lembaran struktural yang dilapisi seng melalui proses pelapisan galvanis dengan pencelupan panas atau dengan pemanasan ulang yang tersedia dalam bentuk lembaran, gulungan, dan potongan panjang. Baja ini banyak digunakan untuk aplikasi struktural dan pelindung korosi (ASTM A653, 2018). Plat baja galvanis dapat mengalami korosi saat kontak dengan beton segar, namun pelapisan menggunakan *organically modified inorganic hybrid* terbukti efektif menghambat proses korosi. Hasil uji menunjukkan bahwa pelapis ini cocok untuk evaluasi degradasi pada lingkungan korosif (Figueira *et al.*, 2013). Baja yang digunakan dalam lingkungan terbuka rentan mengalami penurunan kualitas material akibat proses korosi. Meskipun korosi merupakan proses alami yang sulit dihindari sepenuhnya, korosi dapat dihambat dengan berbagai metode, diantaranya metode pelapisan permukaan logam. Dalam upaya mengurangi dampak negatif korosi, maka digunakan berbagai material untuk menghambat laju korosi, salah satunya adalah batu basal sebagai material pelapis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Hendronursito *et al.*, 2021) mengenai optimasi parameter proses pelapisan pada baja astm-a36 dengan partikulat basal menunjukkan bahwa penggunaan basal sebagai material pelapis memiliki ketahanan yang signifikan terhadap korosi dalam larutan HCl dan NaCl. Penelitian ini juga menekankan bahwa pengembangan material berbasis basal sebagai pelapis

tahan korosi menawarkan alternatif material yang potensial dengan memanfaatkan kekayaan sumber daya mineral dan batuan yang melimpah di Indonesia.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang mengenai studi korosi plat baja galvanis yang dilakukan oleh (Royani *et al.*, 2020) yaitu penelitian yang dilakukan di Sungai Cidaho, Sukabumi, Jawa Barat, mengungkapkan bahwa baja galvanis mengalami kerusakan yang signifikan ketika terendam dalam air sungai. Kerusakan baja galvanis pada daerah lingkungan air sungai dipengaruhi oleh waktu dan kedalaman. Hasil kehilangan berat baja galvanis setelah 76 hari adalah $1,37 \text{ mg/cm}^2$ di permukaan air sungai dan $7,83 \text{ mg/cm}^2$ pada kedalaman 1 meter. Peningkatan kerusakan baja galvanis di kedalaman air terjadi karena tidak terbentuk lapisan protektif akibat tergerus arus sungai. Hal ini menunjukkan bahwa baja galvanis mengalami kerusakan signifikan saat terendam dalam air sungai, maka diperlukan pelapisan untuk meningkatkan ketahanannya terhadap korosi. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pelapisan dengan basal melalui proses celup.

Basal bertekstur halus merupakan lava beku dengan tekstur afanitik, berwarna abu-abu gelap kehijauan dan berubah jadi abu-abu kecokelatan saat lapuk. Batuan ini keras, masif, dan sebagian mengalami rekahan. Komposisinya meliputi plagioklas, olivin, dan piroksen sebagai fenokris, serta mikrolit plagioklas, gelas vulkanik, dan kuarsa pada masa dasar (Patonah dan Hadian, 2013). Basal memiliki kelebihan diantaranya ketahanannya terhadap cuaca dan korosi. Ketahanan basal terhadap air laut, keadaan cuaca, sinar matahari dan organisme laut membuatnya sangat cocok untuk digunakan dalam konstruksi lepas pantai yang dapat tahan terhadap korosi. Ketahanan basal dalam proses korosi menjadikan basal sebagai alternatif yang menarik untuk menggantikan material konvensional yang lebih mudah mengalami korosi (Liu *et al.*, 2011).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pengaruh basal sebagai material pelapis logam plat ms (*mild steel*) terhadap laju korosi yaitu hasil kehilangan massa menunjukkan bahwa plat besi tanpa pelapisan mengalami kehilangan berat yang lebih besar dibandingkan dengan logam besi yang dilapis

oleh basal (Thohirin *et al.*, 2023). Plat besi yang dilapisi oleh basal memiliki laju korosi berkisar 0,2189–0,3385 mm/y, nilai ini masuk dalam ketahanan korosi yang baik (Fontana and Graeene, 1986).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka akan dilakukan penelitian pengaruh pelapisan dengan basal 250 mesh pada plat baja galvanis yang telah melalui proses *furnace* terhadap uji kekerasan dan ketahanan korosi dalam larutan NaCl dengan konstentrasi 2% dan HCl konsentrasi 2% yang diharapkan dapat lebih baik untuk ketahanan korosi pada plat baja galvanis. Sampel plat baja galvanis dilakukan uji laju korosi, uji kekerasan dan uji ketebalan. Sampel plat baja dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dan *X-ray Fluorescence* (XRF) portabel.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan bubuk basal 250 mesh sebagai bahan pelapis terhadap ketahanan korosi plat baja galvanis?
2. Bagaimana perlakuan panas dapat meningkatkan kekerasan plat baja galvanis dan ketahanan korosi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui efektivitas pelapisan menggunakan bubuk basal 250 mesh dalam mencegah korosi pada plat baja galvanis.
2. Menganalisis pengaruh pemanasan terhadap peningkatan kekerasan plat baja galvanis dan ketahanan terhadap korosi.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan plat baja galvanis sebagai material utama yang akan diuji.
2. Pelapisan dilakukan menggunakan bubuk basal 250 mesh yang dicampur dengan damar dan tiner sebagai bahan perekat.
3. Semua sampel plat baja galvanis melalui proses *furnace* dengan suhu 400, 500 dan 600°C.
4. Pengujian ketahanan korosi dilakukan dalam larutan NaCl 2% dan HCl 2% sebagai media korosi.
5. Pengujian korosi dilakukan selama 24, 48, 96, 120 dan 144 jam.
6. Sampel plat baja galvanis dilakukan uji laju korosi, uji kekerasan dan uji ketebalan.
7. Karakterisasi sampel baja dilakukan dengan menggunakan SEM-EDX dan XRF portabel.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pelapisan material untuk meningkatkan ketahanan korosi, khususnya pada plat baja galvanis.
2. Menyediakan solusi alternatif pelapisan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan basal 250 mesh sebagai bahan utama.
3. Mendukung peningkatan ketahanan korosi pada material baja, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan dan memperpanjang usia pakai material dalam aplikasi industri.
4. Mendorong penggunaan material alami seperti basal sebagai bahan pelapis yang potensial untuk mengurangi dampak lingkungan dari korosi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

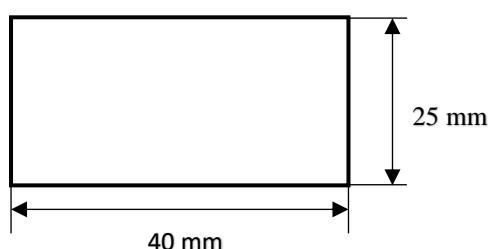
2.1 Plat Baja Galvanis

Baja galvanis banyak digunakan karena galvanis memiliki dua fungsi sifat pelindung. Sebagai lapisan proteksi, galvanis menyediakan lapisan seng yang tangguh dan terikat secara metalurgi yang sepenuhnya menutupi permukaan baja dan melindungi baja dari serangan korosif lingkungan. Lapisan galvanis telah terbukti kinerjanya dalam berbagai kondisi lingkungan. Ketahanan korosi lapisan zinc ditentukan terutama oleh ketebalan lapisan tetapi bervariasi tergantung dari tingkat korosivitas lingkungan (Liu *et al.*, 2013). Plat baja galvanis dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Plat baja galvanis.

Ukuran sampel plat baja galvanis yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Bentuk dan ukuran spesimen.

Ketahanan korosi merupakan salah satu keunggulan utama dari plat baja galvanis. Lapisan seng berfungsi sebagai penghalang fisik dan juga memberikan perlindungan katodik, melindungi baja dari oksidasi (Liu *et al.*, 2024). Plat baja galvanis memiliki pelapis yang dihasilkan oleh paduan Zn-Sn memiliki permukaan yang cerah dan halus seperti pada pelapisan galvanis tradisional. Penambahan Sn dalam komposisi lapisan galvanis menghasilkan morfologi yang halus, seragam, dan bebas cacat (Hamid *et al.*, 2016). Plat baja galvanis dilapisi dengan lapisan pelindung melalui proses pencelupan panas (*hot-dip galvanizing*) menggunakan larutan logam cair yang memiliki komposisi larutan terdiri dari seng (Zn) sebagai komponen utama, selain itu, terdapat unsur aluminium (Al) sebesar 0,0028%, besi (Fe) sebesar 0,029%, kadmium (Cd) sebesar 0,093%, dan timbal (Pb) sebesar 0,83% dalam satuan massa (Hasegawa *et al.*, 2020).

Plat baja galvanis banyak digunakan dalam berbagai sektor industri karena ketahanannya terhadap korosi dan biaya yang relatif rendah. Salah satu cara pembentukan pembentukan plat baja galvanis dengan metode *bead rolled* dan menemukan bahwa pelat dengan ketebalan 0,6 mm memiliki kekakuan yang sesuai untuk aplikasi struktural ringan, menegaskan fleksibilitas penggunaan baja galvanis dalam industri manufaktur (Fadillah dan Erwanto, 2024).

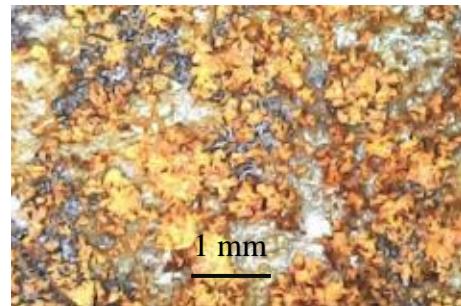
2.2 Korosi

Proses terjadinya korosi pada suatu logam membentuk suatu sel elektrokimia yang terdiri dari anoda, katoda, larutan elektrolit dan hubungan listrik antara anoda dan katoda. Ada beberapa macam tata cara pengendalian korosi yaitu pemilihan bahan yang tepat, perancangan instalasi yang benar, pelapisan atau rekayasa permukaan, proteksi katodik dan pengondisian lingkungan. Proses ini terjadi secara alami, di mana logam cenderung kembali ke bentuk oksidanya, menyerupai kondisi awalnya di alam sebelum diekstraksi (Azwar, 2011). Molaritas produk terkorosi akan lebih cepat mencapai kondisi stabil, jika logam berada di lingkungan yang mempercepat proses korosi (Maghfiroh *et al.*, 2024).

Reaksi awal korosi besi ditunjukkan oleh persamaan:



Ini adalah reaksi umum awal pembentukan karat, sebelum senyawa Fe(OH)_2 kemudian dioksidasi lebih lanjut menjadi Fe(OH)_3 , FeOOH , Fe_3O_4 , atau Fe_2O_3 tergantung kondisi lingkungan (Maurya *et al.*, 2024). Plat baja yang mengalami korosi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Permukaan logam yang mengalami korosi (Nasir *et al.*, 2022).

Terdapat berbagai jenis korosi yang umum terjadi di industri, yaitu korosi seragam secara merata pada seluruh permukaan logam akibat reaksi kimia dengan lingkungan. Jenis korosi yang biasa terjadi pada bidang industri korosi merata, korosi galvanis, korosi celah, korosi sumur, korosi antar butir, korosi pisah, korosi erosi, korosi tekanan, danas korosi lelah (Utomo, 2009). Faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi Salah satu parameter yang mempengaruhi laju korosi adalah suhu lingkungan sekitar tempat logam terekspos. Kenaikan suhu dapat menyebabkan meningkatnya proses reaksi korosi sehingga laju korosi pada baja karbon semakin tinggi. Interaksi antara faktor-faktor ini menentukan kecepatan dan tingkat keparahan korosi yang terjadi pada suatu material (Royani, 2020).

Pengukuran laju korosi dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti metode pengurangan massa dan metode perubahan tahanan listrik. Metode pengurangan massa merupakan metode menghitung selisih massa tersebut yang menunjukkan jumlah material yang hilang akibat korosi, sehingga dapat dihitung laju korosinya.

Sementara itu, metode perubahan tahanan listrik dilakukan dengan mengukur perubahan resistansi listrik pada logam yang terkorosi, korosi menyebabkan penipisan atau kerusakan pada permukaan logam, maka nilai tahanan listriknya akan berubah, dan perubahan tersebut dapat digunakan sebagai indikator laju korosi. Menurut Standar ASTM G1, salah satu metode untuk mengukur laju korosi adalah metode kehilangan berat (*weight loss*). Dalam metode ini, sampel diletakkan dalam sistem tertentu dan dibiarkan mengalami korosi. Setelah itu, laju korosi dihitung berdasarkan kehilangan berat pada sampel tersebut.

2.3 Pelapisan Permukaan

Implementasi perlindungan korosi pada baja merupakan langkah penting dalam industri, salah satunya dengan cara melapisi baja. Pelapisan adalah proses penambahan lapisan pada permukaan suatu material untuk meningkatkan daya tahan terhadap pengaruh lingkungan. Ketebalan lapisan mengindikasikan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka ketebalan yang dihasilkan akan semakin rendah (Wibowo *et al.*, 2024). *Coating* atau pelapisan permukaan merupakan teknik penting dalam rekayasa material yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan suatu bahan terhadap korosi, aus, dan pengaruh lingkungan (Awasthi *et al.*, 2024).

Beragam metode *coating* telah dikembangkan sesuai dengan karakteristik substrat dan kebutuhan aplikasi. Metode *Physical Vapor Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD) digunakan untuk menghasilkan lapisan tipis dengan ketahanan tinggi terhadap aus dan korosi. *Thermal spray* seperti *plasma spray* dan *High-Velocity Oxy Fuel* (HVOF) memungkinkan pelapisan bahan titik leleh tinggi seperti keramik dan logam *superalloy*. Sementara itu, metode *electroplating* dan *electrophoretic deposition* (EPD) memanfaatkan medan listrik untuk mengendapkan logam atau partikel ke permukaan logam. Sol gel *coating* dan *micro arc oxidation* (MAO) banyak digunakan pada permukaan logam ringan seperti aluminium dan titanium (Awasthi *et al.*, 2024). Dalam upaya mengurangi dampak negatif korosi, maka digunakan berbagai material untuk menghambat laju korosi, salah satunya adalah batu basal sebagai material pelapis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu metode yang digunakan untuk proses pelapisan adalah pelapisan celup. Pelapisan celup merupakan metode pencelupan substrat ke dalam larutan yang mengandung bahan pelapis. Teknik ini kadang dikombinasikan dengan pelapisan putar. Proses pelapisan celup meliputi beberapa tahap, yaitu perendaman, waktu huni, dan penarikan. Ketebalan lapisan dipengaruhi oleh laju penarikan, kandungan padatan, dan kekentalan cairan (Manurung, 2018). Jika kondisi dijaga tetap dalam keadaan Newtonian, maka ketebalan lapisan dapat dihitung berdasarkan persamaan (Landau and Levich, 1942) berikut:

$$h = 0,94 \frac{(\eta v)^{2/3}}{\gamma_{LV}^{1/6} (\rho g)^{1/2}} \quad (2.2)$$

dengan h menyatakan ketebalan pelapisan, η merupakan viskositas larutan, γ_{LV} menunjukkan tegangan permukaan uap-cair, sedangkan ρ adalah kerapatan cairan, dan g merupakan percepatan gravitasi.

2.4 Basal

Penggunaan basal sebagai pelapis menunjukkan ketahanan material tersebut terhadap pengaruh korosi. Pengembangan material basal sebagai material pelapis yang tahan terhadap larutan korosif memberikan alternatif material pelapis (Hendronursito *et al.*, 2021). Serbuk basal memiliki sifat anti korosi yang sangat baik. Ketika digunakan sebagai bahan pelapis pada baja, basal dapat meningkatkan ketahanan baja terhadap korosi (Benyei and Santha, 2023). Batu basal ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Batu basal.

Basal biasanya memiliki komposisi kimiawi yang terdiri dari 50% SiO₂, 15% Al₂O₃, dan jumlah CaO, MgO serta FeO 10% dan unsur lainnya hampir selalu dibawah 5% (Matter dan Kelemen, 2009). Setiap lapisan basal dengan ukuran partikel yang berbeda memberikan dampak yang berbeda terhadap laju korosinya, karena kehilangan berat yang terjadi pada sampel dengan partikel ukuran yang besar lebih besar dibandingkan dengan yang memiliki ukuran partikel lebih kecil.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Hendronursito *et al.*, 2021) mengenai Optimasi Parameter Proses Pelapisan pada Baja ASTM A36 dengan partikulat basal menggunakan metode taguchi menunjukkan bahwa ukuran partikel basal berpengaruh signifikan terhadap laju korosi baja. Ukuran partikel yang lebih kecil (mesh 400, sekitar 38 µm) menghasilkan lapisan pelindung yang lebih padat dan homogen, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan yang lebih besar pada partikel kecil, yang memungkinkan ikatan antar partikel dan matriks damar menjadi lebih kuat, serta mengurangi porositas dalam lapisan pelindung.

2.5 Karakterisasi Plat Baja Galvanis

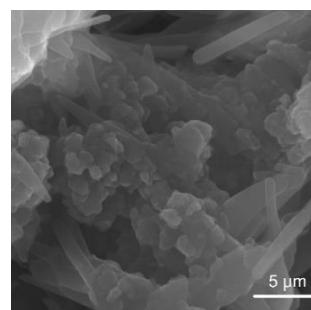
2.5.1 SEM-EDX

Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) adalah teknik analisis yang menggabungkan fungsi mikroskop elektron pemindai dengan deteksi sinar-X dispersif energi. SEM digunakan untuk menghasilkan gambar beresolusi tinggi dari permukaan sampel. Sementara itu, EDX memanfaatkan sinar-X karakteristik yang dihasilkan dari interaksi berkas elektron dengan atom-atom dalam sampel. Sinyal sinar-X tersebut digunakan untuk menganalisis unsur-unsur kimia yang terdapat di dalam sampel (Goldstein *et al.*, 2017).

Penelitian ini menggunakan SEM-EDX untuk menganalisis produk korosi pada pipa baja yang terpapar lingkungan minyak mentah. Hasilnya menunjukkan bahwa SEM memberikan informasi tentang morfologi permukaan logam, sedangkan EDX

digunakan untuk analisis unsur-unsur kimia pada permukaan yang mengalami korosi (Martinez *et al.*, 2012).

Dalam studi ini, SEM-EDX digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan korosi pada baja X70. Hasil SEM menunjukkan adanya deposit korosi yang tersebar dan porositas kecil yang tidak teratur pada permukaan baja, sementara EDX mengkonfirmasi keberadaan unsur-unsur seperti oksigen dan klorida yang berkontribusi pada proses korosi (Jafery *et al.*, 2022). Salah satu contoh hasil karakterisasi plat baja yaitu plat baja galvanis menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Hasil karakterisasi SEM baja galvanis (Chen *et al.*, 2023).

2.5.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan teknik analisis yang menggunakan peralatan spektrometer yang dipancarkan oleh sampel dari radiasi sinar-X. Keberadaan spektrum elemen dalam energi sinar-X yang khas menunjukkan jenis elemen yang terkandung dalam materi yang dianalisis dalam analisis kualitatif. Sementara informasi tentang jumlah elemen yang ada dalam suatu bahan seperti yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum dari analisis kuantitatif (Jamaludin dan Adiantoro, 2012). Teknik XRF menggunakan peralatan spektrometer yang memancarkan sinar-X ke sampel. Tabung sinar-X berfungsi sebagai sumber radiasi yang menyinari sampel secara langsung, dan radiasi emisi yang dipancarkan oleh sampel akan ditangkap oleh detektor untuk dianalisis komposisi unsur-unsurnya. Detektor ini dapat mengukur berbagai karakteristik energi radiasi yang dipancarkan langsung dari sampel. Detektor juga dapat memisahkan radiasi berdasarkan

elemen-elemen yang ada dalam sampel, proses pemisahan ini disebut dispersi (PANalytical, 2009).

Spektrometri XRF telah dimanfaatkan di laboratorium selama bertahun-tahun. Teknologi XRF portabel kini banyak digunakan dan dianggap sebagai metode analisis yang efektif untuk penggunaan di lapangan. Hal ini dimungkinkan berkat ketersediaan sumber radioisotop yang efisien untuk eksitasi, serta detektor dan sistem elektronik yang sangat sensitif. Instrumen XRF mampu melakukan analisis baik secara kualitatif maupun kuantitatif terhadap sampel lingkungan, bahkan dalam beberapa situasi tanpa memerlukan standar lokasi khusus. Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar-X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X) (Kalnicky, 2001).

XRF portabel memiliki cara kerja yaitu tidak dapat mendeteksi senyawa secara langsung. Analisis XRF portabel hanya dilakukan pada permukaan sampel plat baja galvanis. Pengujian XRF Portable di lakukan dengan cara sampel di letakkan di bidang yang permukaanya datar dan sampel diratakan, kemudian arahkan alat XRF Portable ke sampel sampai data dari mineral yang terdeteksi oleh alat tersebut terbaca sedangkan untuk XRF Max/Portrace sampel yang sudah di press kemudian diuji (Guskarnali *et al.*, 2020).

2.5.3 Uji Kekerasan

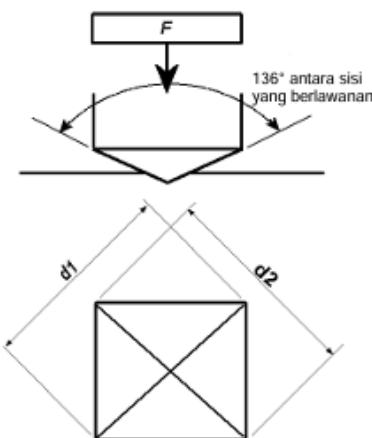
Pengujian kekerasan merupakan metode yang sangat bermanfaat dalam menilai karakteristik material, mengontrol kualitas selama proses produksi, serta mendukung kegiatan penelitian dan pengembangan. Meskipun sifatnya empiris, nilai kekerasan sering kali berkorelasi dengan kekuatan tarik pada berbagai jenis logam dan paduannya. Selain itu, kekerasan juga dapat digunakan sebagai indikator terhadap kemampuan mesin, ketahanan terhadap aus, ketangguhan, dan keuletan material (ASTM E384, 2022). Untuk mengetahui konsep-konsep sifat mekanik diatas dilakukan uji-uji mekanik yang terdiri dari uji kekerasan (*Hardness Test*)

yang berupa uji kekerasan micro *vickers* dimana dalam pengujian kekerasan mikro itu digunakan indentor *vickers* (Rauf *et al.*, 2018).

Untuk menentukan kekerasan permukaan material, digunakan metode uji kekerasan *vickers*. Nilai kekerasan *vickers* (HV) dihitung berdasarkan perbandingan antara beban yang diberikan di mana F adalah beban yang diberikan (dalam satuan kgf), dan D adalah panjang rata-rata diagonal dari jejak indentasi (dalam milimeter). Secara matematis, hubungan ini dinyatakan dalam persamaan (Evans and Charles, 1976):

$$HV = 1,854 \times \frac{F}{D^2} \quad (2.3)$$

Nilai kekerasan permukaan suatu material diperoleh dengan pengujian menggunakan metode kekerasan *vickers*. Metode ini didasarkan pada prinsip indentasi, di mana beban tertentu diberikan pada permukaan sampel melalui sebuah intan berbentuk piramida segi empat. Nilai kekerasan *vickers* dengan satuan kgf/mm² menjadi newton/m² yang dimana satuan ini adalah satuan pascal. Nilai kekerasan (Pa) ditentukan dari rasio antara gaya tekan yang diberikan terhadap kuadrat panjang diagonal bekas indentasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



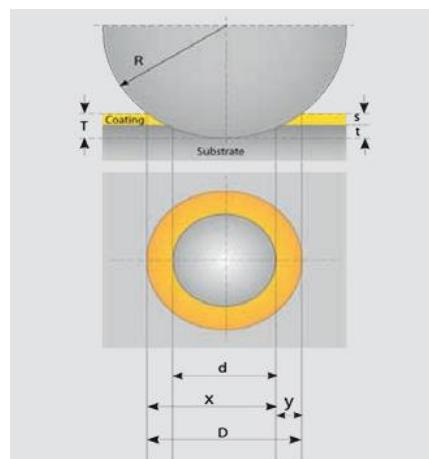
Gambar 2. 6 Skema uji kekerasan.

Pengujian kekerasan pada plat baja galvanis sangat penting untuk mengevaluasi kualitas pelapisan dan sifat mekanik material. Faktor-faktor seperti waktu pelapisan, kekerasan permukaan, dan metode galvanisasi dapat mempengaruhi kekerasan dan struktur mikro material.

2.5.4 Uji Ketebalan

Calotest, atau dikenal juga sebagai *ball crater test*, adalah metode pengujian non-destruktif yang digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan tipis pada permukaan material. Metode *calotest* menyediakan cara menentukan ketebalan lapisan yang sederhana. Dengan menggunakan metode ball-cratering yang sederhana, ketebalan lapisan tunggal atau berlapis apa pun dapat diperiksa secara akurat dalam waktu singkat, sesuai dengan standar internasional yang relevan. Cara instrumen *calotest* mengukur ketebalan lapisan yaitu kawah kecil digiling menjadi lapisan dengan bola dengan geometri yang diketahui, sehingga menghasilkan penampang film yang meruncing saat dilihat di bawah mikroskop optik (Paar, 2016).

Menghitung ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan melengkung, seperti bola, digunakan selisih antara diameter luar dan diameter dalam dari struktur tersebut. Hubungan geometris antara diameter luar, diameter dalam, dan jari-jari bola dalam perhitungan ketebalan lapisan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Skema geometri ketebalan lapisan (Paar, 2016).

Berdasarkan Gambar 2.7 memperlihatkan penampang melintang dari sebuah bola yang dilapisi oleh material pelapis (*coating*) pada permukaan substrat. Jari-jari bola ditandai sebagai R, sedangkan ketebalan lapisan yang terbentuk antara permukaan bola dan substrat ditunjukkan sebagai T. Parameter D merepresentasikan diameter luar dari bola yang telah dilapisi, dan d adalah diameter bagian dalam yang menyentuh substrat.

Ketebalan lapisan ditentukan dari hubungan antara kuadrat diameter luar (D) dan diameter dalam (d) terhadap jari-jari kelengkungan permukaan (R), dan hasil dari perhitungan ini memberikan nilai ketebalan lapisan (h) yang dinyatakan melalui persamaan:

$$h = \frac{(D^2 - d^2)}{8R} \quad (2.4)$$

Uji ketebalan pada proses *hot dip galvanizing* menunjukkan bahwa semakin lama waktu pencelupan, maka ketebalan lapisan pelapis yang terbentuk pada permukaan spesimen akan semakin besar. Peningkatan ketebalan ini disertai dengan penurunan sifat mekanik, seperti kerapuhan lapisan dari keretakan, serta penurunan nilai kekerasan mikro baik pada permukaan maupun lapisan coating dengan bertambahnya waktu pencelupan. Selain itu, terbentuknya lapisan difusi Fe-Zn juga menjadi salah satu karakteristik penting dari hasil proses galvanizing ini (Jarwanto, *et al.*, 2023). Dengan menggunakan *Calotest*, peneliti dapat memperoleh data ketebalan lapisan yang akurat, yang kemudian dapat dikorelasikan dengan ketahanan korosi material tersebut.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 01 Oktober 2024 hingga 10 Desember 2024 di Laboratorium Pengolahan Mineral Non-Logam, Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan. Karakterisasi SEM-EDX dan XRF, serta uji laju korosi, uji kekerasan dan uji ketebalan dilakukan di Laboratorium Terpadu, Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lain *ball mill*, *furnace*, timbangan digital, ayakan 250 dan 100 mesh, gelas ukur, gelas beaker, penjepit, cawan, amplas ukuran 100, gerinda, jangka sorong, oven, mesin uji kekerasan Emco-Test dengan beban 0,1 Pa, mesin uji ketebalan Anton Paar dengan diameter 0,5 mm, XRF Olympus Vanta Handheld, dan SEM-EDX Bruker.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tediri dari plat baja galvanis, batu basal, getah damar, tiner, aquades, NaCl kemurnian bahan $\geq 99,5\%$ dan HCl 1 M.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.3.1 Preparasi Sampel Baja

1. Memotong plat baja galvanis menjadi 40 mm x 25 mm. Kemudian plat baja dikarakterisai dengan XRF.
2. Memanaskan plat baja galvanis dengan menggunakan *furnace* dengan variasi suhu 400, 500 dan 600°C dengan masing-masing suhu terdiri dari 2 plat baja, plat baja pertama pada waktu 30 menit dan plat baja kedua pada waktu 60 menit. Kemudian membiarkannya dingin pada suhu ruang sekitar satu minggu.
3. Membersihkan plat baja galvanis dan memperhalus permukaannya menggunakan amplas ukuran 100.

3.3.2 Pembuatan Larutan Pelapis

1. Menghaluskan basal menggunakan *ball mill* kemudian mengayaknya menggunakan ayakan 250 mesh (lubang per inci persegi).
2. Menghaluskan getah damar dengan mortar dan mengayak getah damar menggunakan ayakan 100 mesh.
3. Melarutkan 10 gram getah damar dengan 20 ml tiner.
4. Memasukkan basal pada larutan getah damar sebanyak 20 gram.
5. Mengaduk larutan tersebut hingga homogen pada cawan.

3.3.3 Proses Pelapisan Celup

1. Memasukkan plat baja galvanis pada larutan pelapis dan memastikan plat baja telah terlapis sempurna.
2. Mengeringkan plat baja galvanis pada suhu ruang selama 72 jam.
3. Plat baja galvanis di oven dengan suhu 50°C selama 1 jam.
4. Menimbang massa plat baja galvanis dan mencatat hasilnya.

3.3.4 Proses Uji Laju Korosi

1. Membuat media korosif menggunakan NaCl dengan konsentrasi 2% dan HCl dengan konsentrasi 2% dengan 100 ml aquades.
2. Plat baja galvanis yang telah dilapisi maupun yang tidak dilapisi dimasukkan ke dalam larutan NaCl dan HCl untuk pengujian. Pada larutan NaCl, digunakan plat baja berlapis yang telah mengalami proses *furnace* selama 30 menit. Sementara itu, pada larutan HCl digunakan plat baja berlapis yang telah difurnace selama 60 menit.
3. Merendam plat baja galvanis dalam larutan NaCl dan HCl masing-masing selama 24, 48, 96, 120 dan 144 jam.
4. Setelah mencapai waktu perendaman 24 jam, mengangkat plat baja galvanis, keringkan, lalu masukkan ke dalam oven pada suhu 50 °C selama 1 jam.
5. Menimbang massa plat baja galvanis setelah pengeringan, kemudian mencatat hasilnya.
6. Memasukkan kembali plat baja galvanis ke dalam larutan yang sama (NaCl atau HCl).
7. Mengulangi langkah 4 hingga 6 untuk setiap interval waktu perendaman hingga mencapai 144 jam.
8. Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*) sesuai standar ASTM G1 yaitu menggunakan persamaan:

$$CR = \frac{KW}{DAT} \quad (3.1)$$

di mana CR merupakan laju korosi dalam satuan mm/y, k adalah konstanta laju korosi sebesar $8,76 \times 10^4$, W adalah kehilangan massa (gram), D adalah massa jenis material (g/cm^3), A adalah luas permukaan sampel (cm^2), dan T adalah waktu perendaman dalam satuan jam. Persamaan ini memungkinkan perhitungan laju korosi berdasarkan pengaruh waktu, luas area, dan sifat fisik material

3.4 Karakterisasi Sampel

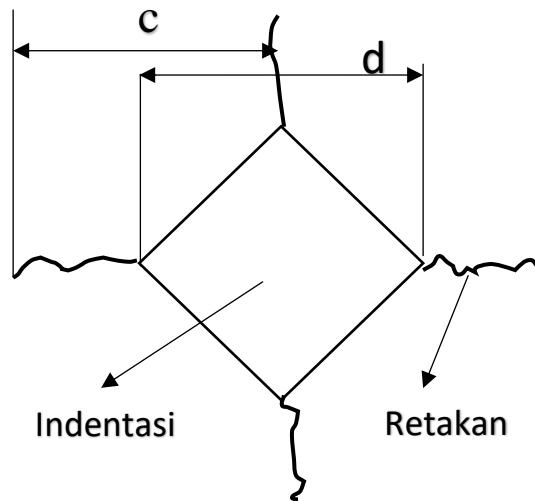
Mengkarakterisasi sampel plat baja galvanis menggunakan XRF, SEM-EDX, uji kekerasan dan uji ketebalan.

1. Karakterisasi XRF bertujuan untuk menentukan komposisi unsur dalam sampel plat baja galvanis. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur kadar unsur-unsur kimia, terutama logam dan mineral, tanpa merusak sampel.
2. Karakterisasi SEM-EDX bertujuan untuk menganalisis morfologi permukaan dan komposisi unsur pada suatu material. Melalui SEM, diperoleh citra resolusi tinggi yang menggambarkan bentuk, struktur, dan topografi permukaan sampel plat baja galvanis. Sementara itu, EDX digunakan untuk mengidentifikasi unsur-unsur kimia yang terkandung pada permukaan sampel plat baja galvanis.
3. Uji kekerasan pada sampel plat baja galvanis menggunakan alat uji Emco-Test untuk uji *microvickers* dengan beban yang diberikan 0,1 kgf. Untuk menentukan kekerasan permukaan material, digunakan metode uji kekerasan *microvickers*. Uji *microvickers* digunakan karena kemampuannya mengukur kekerasan material dengan presisi tinggi pada area yang sangat kecil atau lapisan tipis. Nilai uji kekerasan dihitung menggunakan persamaan berikut (Evans and Charles, 1976):

$$HV = 1,854 \times \frac{F}{D^2} \quad (3.2)$$

Dimana HV adalah nilai kekerasan *vickers* dihitung berdasarkan perbandingan antara beban yang diberikan di mana F adalah beban yang diberikan (dalam satuan kgf), d adalah setengah diagonal (dalam mm) dan c adalah panjang retakan, diagonal rata-rata (D) dan panjang retak permukaan digunakan untuk mencari nilai kekerasan.

Diagram skema indentasi *vickers* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Skema pembentukan indentasi *vickers*.

4. Uji ketebalan lapisan pada sampel plat baja galvanis menggunakan alat uji dari Anton Paar untuk uji *calotest*. Uji ketebalan digunakan untuk mengetahui seberapa tebal lapisan pelapis yang terbentuk pada permukaan sampel. Ketebalan ini dihitung berdasarkan perbedaan antara diameter luar (D) dan diameter dalam (d) terhadap jari-jari kelengkungan (R), yang dirumuskan dalam persamaan:

$$h = \frac{(D^2 - d^2)}{8R} \quad (3.3)$$

3.5 Kode Sampel

Dalam penelitian ini, digunakan sistem penandaan berupa kode sampel yang bertujuan untuk membedakan setiap sampel berdasarkan perlakuan yang diterima dan untuk mempermudah proses penyajian dan analisis data, seperti jenis larutan, durasi perendaman, atau kondisi *furnace*. Dengan adanya kode tersebut, hasil analisis dapat disampaikan secara lebih jelas.

Rincian kode sampel yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.1.

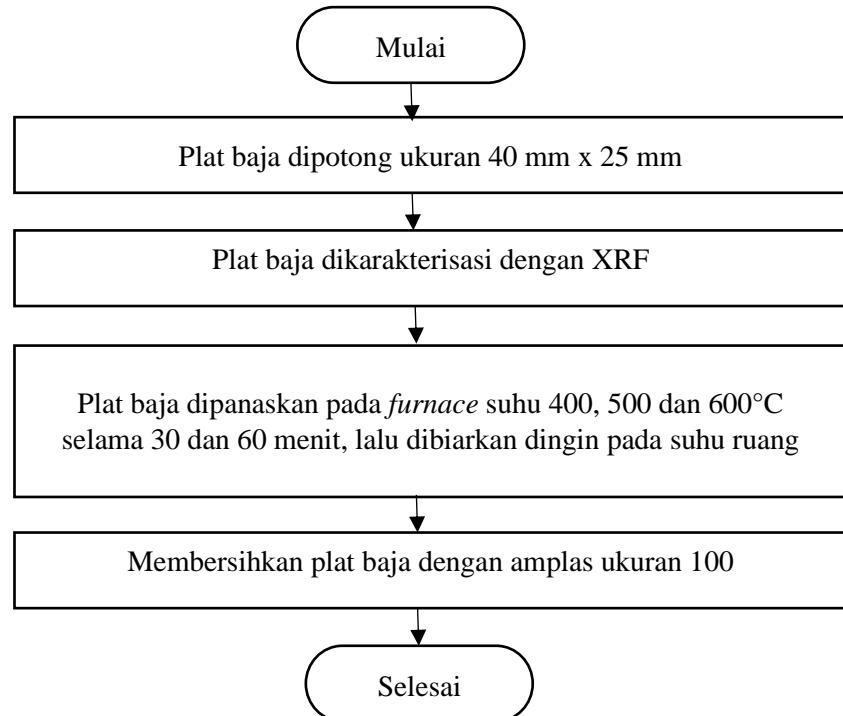
Tabel 3. 1 Kode sampel

No	Kode Sampel	Keterangan
1	ASN	Baja galvanis tanpa pelapis direndam dalam larutan NaCl 2%.
2	BSH	Baja galvanis tanpa pelapis direndam dalam larutan HCl 2%.
3	C43N	Baja galvanis dipanaskan suhu 400°C selama 30 menit, dilapisi basal ukuran 250 mesh, direndam dalam NaCl 2%.
4	D46H	Baja galvanis dipanaskan suhu 400°C selama 60 menit, dilapisi basal 250 mesh, lalu direndam dalam HCl 2%.
5	E53N	Baja galvanis dipanaskan suhu 500°C selama 30 menit, dilapisi basal ukuran 250 mesh, direndam dalam NaCl 2%.
6	F56H	Baja galvanis dipanaskan suhu 500°C selama 60 menit, dilapisi basal ukuran 250 mesh, direndam dalam HCl 2%.
7	G63N	Baja galvanis dipanaskan suhu 600°C selama 30 menit, dilapisi basal ukuran 250 mesh, direndam dalam NaCl 2%.
8	H66H	Baja galvanis dipanaskan suhu 600°C selama 60 menit, dilapisi basal ukuran 250 mesh, direndam dalam HCl 2%.

3.5 Diagram Alir

a) Preparasi sampel baja

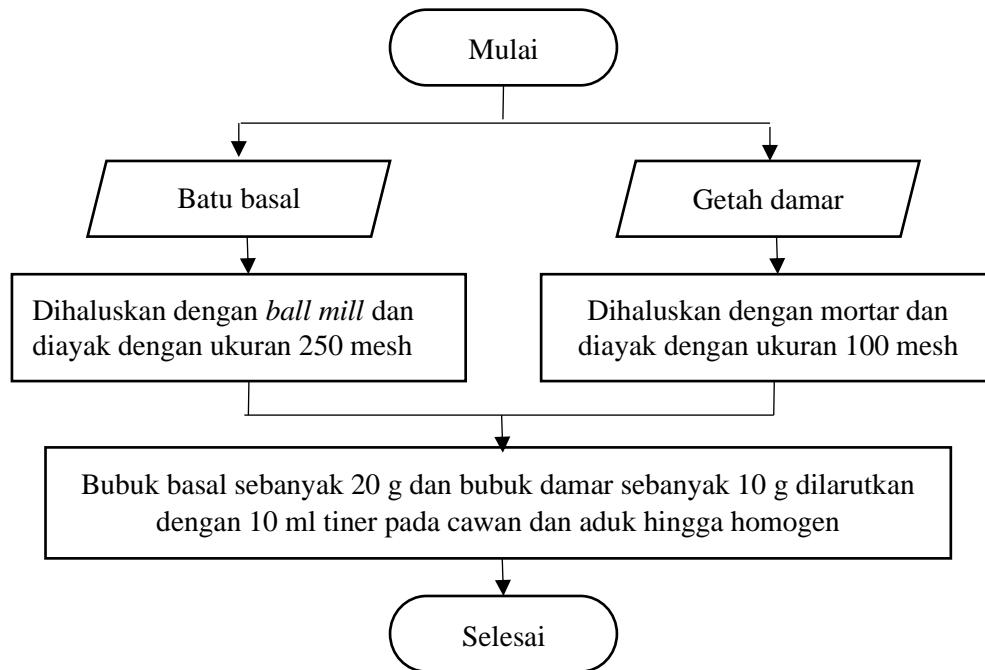
Diagram alir pada preparasi sampel baja ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram alir preparasi sampel baja.

b) Pembuatan larutan pelapis

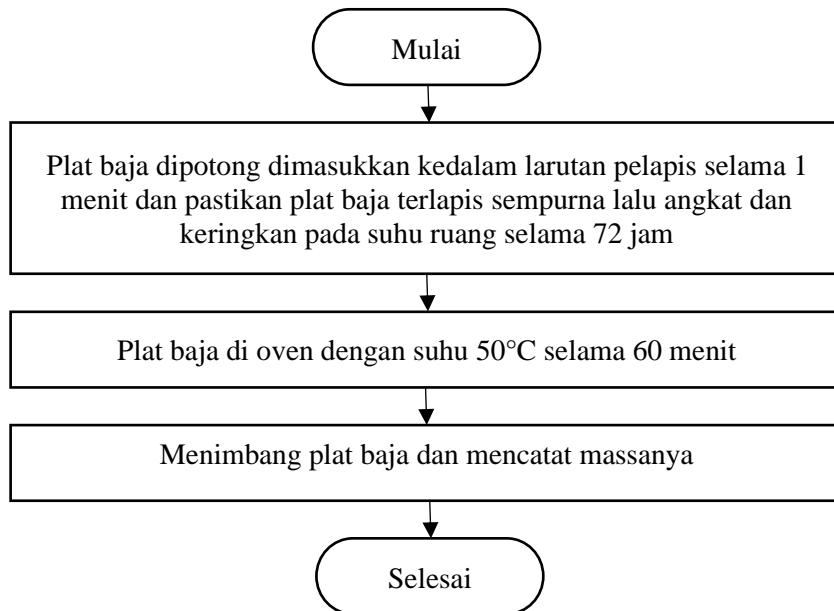
Diagram alir pembuatan larutan pelapis ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram alir pembuatan larutan pelapis.

c) Proses pelapisan celup

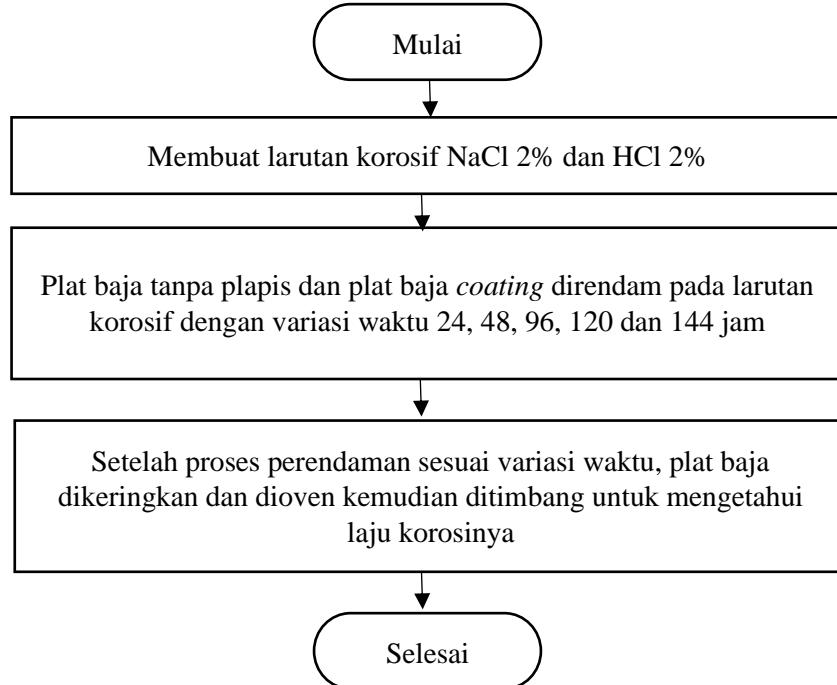
Diagram alir pada proses pelapisan celup ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram alir proses pelapisan celup.

d) Proses Uji Laju Korosi

Diagram alir proses uji laju korosi ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Diagram alir uji laju korosi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Pelapisan dengan bahan berbasis basal ukuran 250 mesh dan perlakuan panas dapat menurunkan laju korosi pada plat baja galvanis.
2. Perlakuan panas pada plat baja galvanis menyebabkan penurunan kekerasan pada plat baja galvanis karena melewati titik didih dari Zn, di mana plat baja galvanis tanpa pemanasan menunjukkan kekerasan lebih tinggi pada plat baja kode ASN sebesar 0,80 GPa dan pada kode BSH sebesar 1,10 GPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk mengoptimalkan parameter perlakuan panas yaitu dibawah suhu 400°C serta waktu pemanasan selama 2 hingga 3 jam, agar pelapisan tidak hanya meningkatkan ketahanan korosi tetapi juga tetap mempertahankan kekerasan material baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., dan Suharto. 2017. Pembuatan Semen Geopolimer Ramah Lingkungan Berbahan Baku Mineral Basal Guna Menuju Lampung Sejahtera. *Jurnal Kelitbang*, Vol. 5, No. 1. Hal. 30-45.
- Anjani, A. D. S., Ihsan, dan Rahmaniah. 2023. Pengaruh Inhibitor Alami dari Biji Nangka Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Tinggi. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, Vol. 10, No. 1. Hal. 1-15.
- Ardiansyah, M. N., Cahyo, B. D., dan Moonlight, L. S. 2020. Analisis Pengaruh Larutan Natrium Clorida dan Asam Clorida Terhadap Laju Korosi pada Alumunium 1100. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan*. Hal 1-7. Politeknik Penerbangan Surabaya.
- ASTM A653. 2018. *Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron-Alloy-Coated (Galvannealed) by Continuous Hot-Dip-Process*. ASTM International.
- ASTM G1. 2003. *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*. ASTM International.
- ASTM G31-72. 2004. *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. ASTM International.
- ASTM E384. 2022. *Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials*.
- Awasthi, S. K., Sharma, K., and Gupta, A. 2024. *An overview of surface coating methodologies and their use in technical materials*. *Journal of Polymer and Composites*, Vol. 12, No. 6. Pp. 19-35.
- Azwar, Y. 2011. Korosi Logam dan Pengendaliannya: Artikel Review. *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe*. Vol. 9, No. 1. Hal. 847-850.
- Benyei, P. T., and Santha, P. 2023. Potential Applications of Basal Fibre Composites in Thermal Shielding. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. Vol. 148. Pp. 271-279.

- 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. *JIIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, 5(6), 1878–1885.
- Budiarsa, N., Norbury, A., Su, X., Bradley, G., and Ren, X. 2013. Analysis of Indentation Size Effect of Vickers Hardness Tests of Steels. *Advances in Materials Research*, Vol. 652–654. Pp. 1307–1310.
- Chaouki, A., Ali, M. B., Maalam, K. E., Aouadi, K., Benabdallah, I., Fatimy, A. E., and Naaman, S. 2025. The Effect of Zinc Bath Formulation on the Corrosion Resistance of Galvanized Steel: A Short Review. *ACS Omega*, Vol. 10. Pp 9809–9823.
- Chen, W., Shi, H., Liu, W., Zhao, A., Pan, G., Huang, A., Yu, Y., and Luqi, M. 2023. Study on the Preparation and Corrosion Resistance Properties of Superhydrophobic Coatings on Galvanized Steel. *Metals*. Vol. 13, No. 260. Pp. 1-14.
- Evans, A. G., and Charles, E. A. 1976. Fracture Toughness Determinations by Indentation. *Journal of The American Ceramic Society-Discussions and Notes*, Vol. 59, No. 7-8. Pp. 371-372.
- Fadillah, M. F., dan Erwanto. 2024. Analisis Kekakuan Pelat Baja Galvanis Ketebalan 0,6 mm Akibat Pembentukan dengan Metode *Bead Rolled*. *Jurnal Teknologi Manufaktur*. Vol. 16, No. 2. Hal. 227-232.
- Figueira, R. B., Salta, M. M., and Silva, C. J. R. 2013. Corrosion Protection of Hot Dip Galvanized Steel in Mortar. *Portugaliae Electrochimica Acta*, Vol. 31, No.5. Pp. 277-287.
- Fontana, M. G., and Greene, M. D. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. MC Graw Hill Book Company, New York. Pp. 172.
- Goldstein, J., Newbury, D. E., Echlin, P., Joy, D. C., Lyman, C. E., Lifshin, E., Sawyer, L., and Michael, J. R. 2017. *Scanning Electron Microscopy and X Ray Microanalysis (4th ed)*. Springer: New York. 180-182.
- Guskarnali., Manik, B. H., Mahardika, R. G., dan Sandy, B. D. A. 2020. Identifikasi Keberadaan Logam Tanah Jarang (LTJ) pada Tailing Timah Menggunakan Alat XRF Portable dan XRF MAX/Portrace Kecamatan Merawang. *Jurnal Geosapta*, Vol. 6, No. 2. Hal. 121-124.
- Haissam, A., Benarrache, S., Rahmani, R. K., Mansouri, T., and Benhorma, M. E. 2024. Effect of heat treatments on the mechanical and microstructure properties of welded API X70 steel. *Annales de Chimie: Science des Matériaux*, Vol. 48, No.4. Pp. 551–557.

- Hamid, Z. A., Rahim, S. S. A. E., Shama, A. A., and Ebrahim, M. 2016. Improvement the Corrosion Resistance for the Galvanized Steel by Adding Sn. *Journal Of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*. Vol. 6. Pp. 58-71.
- Haqiqi, M., Rusiyanto., Fitriyana, D. F., dan Kriswanto. 2021. Pengaruh Warna Pelapis dan Ketebalan Lapisan Proses Zinc Electroplating Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1015. *Jurnal Inovasi Mesin*, Vol. 3, No. 1. Hal. 27-34.
- Haque, M. M., Limon, S. A., Moniruzzaman, M., and Bepari, M. M. A. 2014. Corrosion comparison of galvanized steel and aluminum in aqueous environments. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, Vol. 9. Pp. 1758-1767.
- Hasegawa, K., Morita, M., and Metoda, S. 2020. Effect of microstructure at coating layer on fatigue strength in hot-dip galvanized steel. *ISIJ International*, Vol. 60, No. 11. Pp. 2525–2532.
- Hendronurstio, Y., Ramahdani, F., Rajagukguk, T. O., Isnugroho, K., Amin, M., Birawidha D. C., dan Muttaqii, M. A. 2021. Optimasi Parameter Proses Pelapisan pada Baja ASTM-A36 dengan Partikulat Basal Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, Vol. 15, No. 1. Hal. 125-134.
- Jafery, K. M., Embong, Z. Othman, N. K., Yaakob, N., Syah, M., and Hashim, N. Z. N. 2022. SEM-EDX and AFM Analysis for the Surface Corrosion Morphology Structure and Roughness on Embedded X70 External Pipeline in Acidic Soil (Peat) Environment. *Materialstoday: Proceedings*. Vol. 48, No. 6. Pp. 1929-1935.
- Jamaludin, A., dan Darma, A. 2012. Analisis Kerusakan X-Ray Fluorescence (XRF). *Pusat Teknologi Bahan Nuklir Batan*. No. 09-10/Tahun V. ISSN 1979-2409.
- Jarwanto, A. B. M., Umardani, Y., Suprihanto, A. 2023. Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Hot Dip Galvanizing Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan dengan Menggunakan Baja St 60. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 11, No. 3. Hal. 247-260.
- Kalnicky, D.J., and Singhvi, R. 2001. Field Portable X-RF Analysis of Environmental Samples. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 83. Pp. 93-122.
- Kania, H., Curkovic, H. O, Kudlacek, J., Kapitanovic, A., Nackiewicz, J., Cerny, D., and Konopkin, G. 2024. The effect of Bi on the kinetics of growths, microstructure and corrosion resistance of hot-dip galvanized coatings. *Materials*, Vol 17, No. 22. Pp. 1-18.

- Kurniatama, M. F. 2021. *Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Laju Korosi di Lingkungan Asam dan Uji Bending pada Baja Karbon Sedang*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Landau, L. D., and Levich, B. G. 1942. *Acta Physiochim. U.R.S.S.* 17. Pp. 42-54.
- Liu, H., Xie, K., Yang, Z., and Dai, H. 2011. The Advantages of Basal Glass Flake Coating for Marine Anticorrosion. *Advanced Material Research*, Vol. 332-334. Pp. 1619-1622.
- Liu, S., Sun, H., Zhang, N., and Sun L. 2013. The Corrosion Performance, of Galvanized Steel in Closed Rusty Seawater. *International Journal of Corrosion*. Vol. 2013. Pp. 1-9.
- Liu, Y., Gao, H., Wang, H., Tao, X., and Zhao, W. 2024. Study on Corrosion Behavior of Hot Dip Galvanized Steel in Simulated Industrial Atmospheric Environments. *International Journal of Electrochemical Science*. Vol. 19. Pp. 1-9.
- Maghfiroh, R.E., Dewi, M. L., dan Khusniah, R. 2024. Model Matematika Laju Korosi Logam dengan Faktor Lingkungan yang Mempercepat Proses Korosi. *Jurnal Map (Matematika dan Aplikasi)*. Vol. 6, No. 1. Hal. 1-7.
- Manurung, P. 2018. *Nanomaterial Tinjauan Ilmu Masa Kini*. Edisi Pertama. Penerbit Andi. Bandar Lampung.
- Martinez, S., Grozdanic, V., and Ivankovic A. 2012. SEM/EDS Analysis of Corrosion Products from the Interior of a Crude Oil Pipeline. *Zastita Materijala*. Vol. 53. Pp. 191-194.
- Matter, J. M., and Kelemen, P. B. 2009. Permanent Sorage of Carbon Dioxide in Geological Reservoirs by Mineral Carbonation. *National Geoscience*, Vol. 2, No. 12. Pp. 837-841.
- Maurya, A. K., Pandey, S. M., Chhibber, R., Fydrych, D., and Pandey, C. 2024. Corrosion performance of super duplex stainless steel and pipeline steel dissimilar welded joints: A comprehensive investigation for marine structures. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 135. Pp. 1009–1033.
- Mulyono, N., Wijaya, C. H., Fardiaz, D., dan Rahayu, W. S. 2012. Identifikasi komponen kimia damar mata kucing (*Shorea javanica*) dengan metode pirolisis-GC/MS. *Jurnal Natur Indonesia*, Vol. 14, No. 2. Hal. 155–159.
- Nakano, K., Akioka, K., Doi, T., Arai, M., Takabe, H., & Tsuji, K. (2013). Elemental depth analysis of corroded paint-coated steel by confocal micro-XRF method. *ISIJ International*, 53(11), 1953–1957.

- Nasir, M., Santoso, H., dan Waluyo, M. B. 2022. Studi Laju Korosi Plat Baja Hitam Dengan Penambahan Inhibitor Bawang Dayak Di Lingkungan Air Laut. *Journal Bearings: Borneo Mechanical Engineering and Science*, Vol. 1, No. 1. Hal 39–46.
- Nwaogu, U. C., and Tiedje, N. S. 2011. Foundry coating technology: A review. *Materials Sciences and Applications*. Vol.2, No.8. Pp. 1143–1160.
- Paar, A. 2016. *Coating Thickness Testers Calotest*. No. XCSIP005EN-B. Anton Paar GmbH.
- Panalytical, B.V., 2009, *X-Ray Fluorescence Spectrometry*.
- Patonah, A., dan Hadian, S. D. 2013. Karakteristik Batuan dan Hubungannya dengan Kuantitas Air Tanah di Daerah Cipunagara dan Sekitarnya. *Bulletin of Scientific Contribution*, Vol. 11, No. 1. Hal. 16-28.
- Pola, A., Tocci, M., and Goodwin, F. E. 2020. Review of microstructures and properties of zinc alloys. *Metals*, Vol. 10, No. 2, 253. Pp. 1-16.
- Raharjo, S. 2013. Studi Karakterisasi Pembuatan Optical Phasa Conductor pada Kondisi Iklim Tropis Indonesia. *Traksi*, Vol. 13, No. 2. Hal. 28-37.
- Rauf, F. A., Sappu, F. P., dan Lakat, A. M. A. 2018. Uji Kekerasan dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers pada Berbagai Jenis Material Teknik. *Jurnal Tekno Mesin*, Vol. 5, No. 1. Hal. 21-24.
- Rimpung, I. K. 2016. Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja (St. 42) dengan temperatur Pemanasan 800°C, Metode Brinel di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali. *Jurnal Logic*, Vol. 16, No. 2. Hal. 87-91.
- Royani, A. 2020. Pengaruh Suhu Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah dalam Media Air Laut. *Jurnal Simterik*. Vol. 10, No. 2. Hal. 344-349.
- Royani, A., Priyatomo, G., Gunawan, H., Triwardono, J., Nuraini, L., Prifiharni, S., Nugraha, H., Sugiarti., Sundjono. 2020. Studi Korosi Baja Galvanis Melalui Perlakuan Eskpos di Lingkungan Perairan Sungai Cidaho-Sukabumi. *Jurnal Teknik*, Vol. 41, No. 1. Hal. 20-26.
- Sanjaya, M., Umardani, Y., dan Suprihanto, A. 2023. Pengaruh Kekerasan Permukaan Baja St60 Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pelapisan *Hot Dip Galvanizing*. *Jurnal Teknik Mesim*, Vol. 11, No. 3. Hal. 233-246.
- Setiawan, S., dan Nasrullah, Y. 2020. Penggunaan Ekstrak Daun Trembesi (Samanea saman (Jacq.) Merr) Sebagai Inhibitor Organik Untuk Mereduksi Laju Korosi Logam Baja Karbon. *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, Vol. 12, No. 1. Hal 83-87.

- Smak, M., Kubícek, J., Kala, J., Podany, K., and Vanerek, J. 2021. The influence of hot-dip galvanizing on the mechanical properties of high-strength steels. *Materials*, Vol. 14, No. 18. Pp. 1-19.
- Spectro Analytical Instruments. 2024. *Nine elements that challenge handheld XRF analyzers-but are easy for OES*. Spectro White Paper. Pp. 1-6.
- Sun, K., Cai, W., He, X., Chen, H., Chen, K., Jiang, T., Li, W., and Zhao, Y. 2023. Preparation and properties of silane coupling agent modified basal flake polyurethane anti-corrosion coatings. *Coatings*, Vol 13., No. 12. Pp. 1-16.
- Suwarno, A. W., dan Bayuseno, A. P. 2014. Analisis Stress Corrosion Cracking Logam Tembaga Dengan Metode U-Bend pada Media Korosi NH₄OH 1M. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 2, No. 4. Hal. 382-391.
- Taziwa, R., Luyolo, N., and Edson, M. Stuctrural, Morphological and Raman. 2017. Scattering Studies of Carbon Doped ZnO Nanoparticles Fabricated by PSP Technique. *Journal of Nanoscience and Nanothechnology Research*, Vol. 1, No. 3. Pp. 1-8.
- Thohirin, M., Wardono, H., Risano, A. Y. E., Sapurta, E. A. 2023. Pengaruh Basal Sebagai Material Pelapis Logam Plat Ms Terhadap Laju Korosi dalam Larutan Asam H₂SO₄. *Seminar Nasional Insinyur Profesional*. Universitas Lampung.
- Utomo, B. 2009. Jenis Korosi dan Penanggulangannya. *Kapal*. Vol. 6, No. 2. Hal. 138-141.
- Wibowo, T., Anggrainy, R., dan Susetyo, F. B. 2024. Pengaruh Temperatur Pengeringan Terhadap Karakteristik *Coating Polyurithane* pada Baja SPCC. *Risenologi: Jurnal Sains, Teknologi Sosial, Pendidikan dan Bahasa*. Vol. 9, No. 2. Hal. 8-1