

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENGARUH JARAK ANODA - KATODA DAN WAKTU PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA PELAPISAN BAJA KARBON RENDAH ST - 37**



**Ditulis oleh :**

**BAGUS PAMUJI**  
**1422000171**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2025**

**ANALISIS PENGARUH JARAK ANODA - KATODA DAN  
WAKTU PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP  
KETAHAAN KOROSI PADA PELAPISAN BAJA KARBON  
RENDAH ST - 37**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan guna mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Ditulis Oleh :

Bagus Pamuji  
1422000171

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

**LEMBAR PENGESAHAN**

NAMA : BAGUS PAMUJI  
NBI : 1422000171  
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : ANALISIS PENGARUH JARAK ANODA -  
KATODA DAN WAKTU PROSES  
ELEKTROPLATING TERHADAP KETAHAN  
KOROSI PADA PELAPISAN BAJA KARBON  
RENDAH ST-37

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



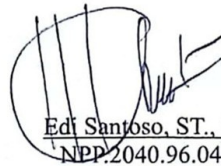
Ir. Maula Nafi, S.T., M.T.  
NPP. 20420160717

Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi  
Teknik Mesin

Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes, IPU. ASEAN Eng.  
NPP. 20420900197



Edi Santoso, ST., MT.  
NPP.2040.96.0485

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul :  
**ANALISIS PENGARUH JARAK ANODA - KATODA DAN WAKTU PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA PELAPISA BAJA KARBON RENDAH ST-37**, yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik Mesin pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang bersumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 30 Juni 2025



Bagus Pamuji  
NIM. 1422000171



UNIVERSITAS  
17 AGUSTUS 1945  
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN

Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA  
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bagus Pamuji  
NBI/ NPM : 1422000171  
Fakultas : Fakultas Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenis Karya : Skripsi/ Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian/Praktek\*

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul :

“Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Proses Elektroplating terhadap Ketahanan Korosi pada Pelapisan Baja Karbon Rendah ST-37”

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty - Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Pada tanggal :

Yang Menyatakan,

|                  |
|------------------|
| Materai<br>10000 |
|------------------|

( Bagus Pamuji )

\*Coret yang tidak perlu

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, kekuatan, dan kesempatan yang diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, karya ini saya persembahkan kepada orang tua serta keluarga terutama Ayah saya, yang dengan doa, kasih sayang, ketulusan serta usaha tanpa batas menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah hidup saya. Segala jerih payah, kesabaran, dan pengorbanan mereka adalah alasan utama saya sampai pada titik ini.

Skripsi ini juga saya persembahkan kepada teman-teman seperjuangan yaitu rekan Teknik Mesin angkatan 2020 dan 2021 yang telah menemani dalam suka dan duka selama masa studi. Kebersamaan dan dukungan kalian adalah bagian tak terpisahkan dari perjalanan ini. Terakhir, untuk almamater tercinta, semoga karya ini menjadi salah satu bentuk kontribusi kecil saya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kita, atas kehadiran Allah SWT, yang telah banyak melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul : “ANALISIS PENGARUH JARAK ANODA – KATODA DAN WAKTU PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA PELAPISAN BAJA KARBON RENDAH ST-37”. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak mungkin dapat menyelesaikannya tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT karena telah memberi rahmat dan berkah kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Seluruh keluarga terutama orang tua yang telah memberikan dukungan moral, doa, serta bantuan finansial sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Maula Nafi, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staff pada Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang membantu dan memberi materi kuliah kepada penulis.
5. Rekan – rekan yang telah memberi dukungan kepada penulis.

Surabaya, 30 Juni 2025



Bagus Pamuji

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS PENGARUH JARAK ANODA – KATODA DAN WAKTU PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA PELAPISAN BAJA KARBON RENDAH ST-37**

Korosi menjadi salah satu masalah utama yang umum dialami oleh baja karbon rendah, khususnya di sektor industri dan otomotif yang sering terpapar oleh hujan, kelembapan tinggi, serta zat polutan yang bersifat korosif. Korosi ini tidak hanya merusak struktur material secara perlahan, tetapi juga berdampak pada meningkatnya biaya perawatan dan penggantian komponen. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu teknik perlindungan yang sering diterapkan adalah pelapisan logam menggunakan metode elektroplating. Penelitian ini menganalisis pengaruh jarak anoda-katoda dan waktu elektroplating terhadap ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37. Proses dilakukan dengan variasi jarak (40, 60, 80 mm) dan waktu (15, 30, 45 menit), serta diuji menggunakan larutan air hujan pH 5,72. Hasil menunjukkan bahwa kedua parameter berpengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan nikel dan ketahanan korosi. Kombinasi terbaik terdapat pada jarak 60 mm dan waktu 45 menit, dengan kehilangan berat paling rendah (0,001–0,002 gram) dan permukaan yang minim korosi. Sebaliknya, kombinasi 80 mm dan 15 menit menunjukkan hasil terburuk. Elektroplating yang optimal terbukti efektif dalam meningkatkan perlindungan baja ST-37 terhadap media korosif, sehingga potensial diterapkan pada komponen yang digunakan di lingkungan industri dan otomotif.

**Kata Kunci:** Baja Karbon Rendah ST-37, Elektroplating, Waktu Proses Elektroplating, Jarak Anoda-Katoda, Ketahanan Korosi, Struktur Mikro Metalografi

## ABSTRACT

### ***Analysis of the Effect of Anode–Cathode Distance and Electroplating Duration on the Corrosion Resistance of Low-Carbon Steel ST-37 Coating***

*Corrosion is a major problem frequently occurring in low-carbon steel, especially in industrial and automotive environments exposed to rainwater, high humidity, and aggressive pollutants. The corrosion process not only gradually damages materials but also causes economic losses due to maintenance and component replacement. One of the widely used protection methods is metal coating through electroplating. This study analyzes the influence of anode-cathode distance and electroplating time on the corrosion resistance of low-carbon steel ST-37. The process was conducted with variations of distance (40, 60, and 80 mm) and time (15, 30, and 45 minutes), and tested using rainwater solution with pH 5.72. The results showed that both parameters significantly affected the nickel coating thickness and corrosion resistance. The best combination was found at a 60 mm distance and 45-minute duration, achieving the lowest weight loss (0.001–0.002 grams) and minimal corrosion on the surface. In contrast, the combination of 80 mm and 15 minutes produced the poorest performance. Optimal electroplating proved effective in enhancing the protection of ST-37 steel against corrosive media, making it a promising approach for components used in industrial and automotive applications.*

***Keywords : Low-Carbon Steel ST-37, Electroplating, Electroplating Time, Anode-cathode distance, Corrosion Resistance, Metallographic Microstructure***

## DAFTAR ISI

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL DEPAN .....                    | i    |
| HALAMAN JUDUL DALAM .....                    | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....           | iii  |
| PERNYATAAN KEASLIAN .....                    | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | v    |
| LEMBAR PERSEMBAHAN.....                      | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                         | vii  |
| ABSTRAK .....                                | viii |
| ABSTRACT .....                               | ix   |
| DAFTAR ISI .....                             | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                          | xii  |
| DAFTAR TABEL.....                            | xiii |
| BAB 1 .....                                  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....             | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                  | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                    | 2    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                  | 2    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                 | 3    |
| BAB 2 .....                                  | 5    |
| 2.1 Logam .....                              | 5    |
| 2.1.1 Baja Karbon.....                       | 5    |
| 2.1.2 Baja ST-37.....                        | 6    |
| 2.2 Elektroplating .....                     | 7    |
| 2.3 Logam pelapis .....                      | 9    |
| 2.3.1 Nikel .....                            | 9    |
| 2.3.2 <i>Chrome</i> .....                    | 10   |
| 2.3.3 <i>Zinc</i> (seng).....                | 11   |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.4 Pemilihan logam pelapis .....                              | 11        |
| <b>2.4 Larutan Elektrolit untuk Pelapis.....</b>                 | <b>12</b> |
| <b>2.5 Tahapan proses pelapisan .....</b>                        | <b>13</b> |
| <b>2.6 Macam macam korosi .....</b>                              | <b>15</b> |
| <b>2.7 Laju Korosi .....</b>                                     | <b>17</b> |
| <b>2.8 Mikroskop Metalografi .....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>BAB 3.....</b>                                                | <b>19</b> |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian .....                                | 19        |
| 3.2 Persiapan Alat dan Bahan .....                               | 20        |
| 3.2.1 Alat yang Digunakan .....                                  | 20        |
| 3.2.4 Langkah-langkah Persiapan Larutan Elektrolit.....          | 23        |
| 3.3 Proses elektroplating .....                                  | 24        |
| 3.4 Pengujian Laju Korosi dengan Metode <i>Weight Loss</i> ..... | 25        |
| 3.5 <i>Microscope Metalografi</i> .....                          | 29        |
| <b>BAB 4.....</b>                                                | <b>31</b> |
| 4.1 Pembahasan Hasil Proses Elektroplating .....                 | 31        |
| 4.2 Data <i>Weight Loss</i> Spesimen .....                       | 34        |
| 4.4 Analisis Struktur Mikro Lapisan Nikel (Perbesaran 20x).....  | 40        |
| <b>BAB 5.....</b>                                                | <b>45</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                             | 45        |
| 5.2 Saran.....                                                   | 45        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                      | <b>47</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                            | <b>49</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Proses Elektroplating.....                                                       | 7  |
| Gambar 2.2 Mikroskop Metalografi.....                                                       | 18 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir .....                                                               | 19 |
| Gambar 3.2 Power Supply .....                                                               | 20 |
| Gambar 3.3 Glass Breaker .....                                                              | 20 |
| Gambar 3.4 Nikel Batangan .....                                                             | 21 |
| Gambar 3.5 Baja Karbon Rendah ST-37 .....                                                   | 21 |
| Gambar 3. 6 Termometer.....                                                                 | 22 |
| Gambar 3.7 Kabel Klem .....                                                                 | 22 |
| Gambar 4.1 Timbangan ( ketelitian 0,001 gram ).....                                         | 34 |
| Gambar 4.2 Contoh Penimbangan Spesimen setelah Elektroplating .....                         | 34 |
| Gambar 4.3 Drawing Specimen.....                                                            | 36 |
| Gambar 4.4 Grafik Laju Korosi dengan Variasi Tegangan dan Waktu Proses Elektroplating ..... | 39 |

## DAFTAR TABEL

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Nikel .....   | 9  |
| Tabel 2.2 Tabel Komposisi Watt Bath ..... | 12 |
| Tabel 4.1 Tabel Data Weight Loss.....     | 35 |
| Tabel 4.2 Tabel Laju Korosi.....          | 37 |



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Baja karbon rendah seperti ST-37 banyak digunakan dalam industri konstruksi, otomotif, dan manufaktur karena sifat mekaniknya yang baik dan harga yang terjangkau. Namun, baja ST-37 memiliki kelemahan utama yaitu rentan terhadap korosi, terutama di lingkungan dengan kondisi lembab atau terpapar zat kimia korosif. Korosi dapat menyebabkan penurunan kekuatan struktural dan memperpendek umur pakai komponen logam.

Salah satu metode efektif untuk meningkatkan ketahanan korosi pada baja adalah dengan cara pelapisan logam melalui *electroplating*. Proses ini melibatkan pengendapan logam pelindung seperti nikel, krom, ataupun seng pada permukaan logam menggunakan arus listrik searah dalam larutan elektrolit. Pelapisan nikel dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki penampilan estetika komponen logam. Namun, kualitas lapisan pelindung sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter proses, Jarak antara anoda dan katoda dalam proses *electroplating* merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi distribusi arus listrik dan efisiensi perpindahan ion logam dalam larutan elektrolit. Bila jarak terlalu dekat, maka arus cenderung lebih tinggi pada permukaan dekat elektroda, yang dapat menyebabkan lapisan logam tidak merata atau terlalu tebal pada titik tertentu. Sebaliknya, jarak yang terlalu jauh dapat menyebabkan turunnya efisiensi pelapisan karena hambatan listrik yang meningkat dan penurunan distribusi ion logam ke permukaan katoda. Variasi jarak anoda–katoda menunjukkan pengaruh signifikan terhadap ketebalan dan keseragaman lapisan nikel. Jarak yang terlalu dekat meningkatkan ketebalan tetapi menurunkan keseragaman, sedangkan jarak optimal menghasilkan distribusi lapisan yang lebih merata (Azmi, Haris, & Dharma, 2023).

Waktu pelapisan juga merupakan parameter proses yang secara langsung mempengaruhi ketebalan lapisan logam yang terbentuk pada permukaan benda kerja. Semakin lama waktu *electroplating*, semakin banyak ion logam yang tereduksi dan mengendap di permukaan katoda, sehingga lapisan menjadi lebih tebal. Lama proses pelapisan yang ditingkatkan akan menghasilkan ketebalan lapisan yang lebih besar, namun jika terlalu lama dapat menyebabkan tegangan berlebih atau lapisan retak karena tegangan internal” (Rozak, 2017).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jarak anoda - katoda dan waktu proses elektroplating terhadap ketahanan korosi pelapisan nikel pada baja ST-37. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan proses elektroplating yang optimal untuk meningkatkan ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh jarak anoda - katoda terhadap ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu proses elektroplating terhadap ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37 ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan agar penelitian yang dilakukan lebih terarah adalah sebagai berikut :

- Jarak anoda-katoda adalah 40 mm, 60 mm, 80 mm.
- Tegangan listrik yang digunakan adalah 2,5 volt,
- Waktu proses elektroplating adalah 15 menit, 30 menit, dan 45 menit.
- Material spesimen yang akan dipakai adalah baja karbon rendah ST-37.
- Lapisan logam yang digunakan sebagai pelapis adalah nikel
- Suhu Larutan 60 °C
- Media korosif / larutan korosif menggunakan air hujan wilayah Surabaya pada bulan April 2025
- Pengujian dilakukan untuk menganalisis ketahanan korosi dengan metode *Weight Loss* dan Uji Struktural Mikro terhadap kerataan lapisan nikel pada permukaan spesimen.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis pengaruh jarak anoda - katoda terhadap ketahanan laju korosi pada baja karbon rendah ST-37
2. Menganalisis pengaruh waktu proses elektroplating terhadap ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Secara Akademis, penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang teknik material, khususnya terkait pengaruh parameter proses elektroplating terhadap ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37. Hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian - penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan perlindungan korosi dan proses pelapisan logam.
2. Bagi Industri, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam mengoptimalkan proses elektroplating, khususnya dalam menentukan tegangan listrik dan waktu proses elektroplating yang tepat. Hal ini dapat membantu meningkatkan kualitas pelapisan logam, memperpanjang umur pakai komponen logam, serta mengurangi biaya perawatan dan penggantian akibat korosi.
3. Untuk kebutuhan sehari-hari, penelitian ini bermanfaat secara tidak langsung dalam meningkatkan ketahanan produk berbahan dasar logam terhadap korosi, sehingga barang-barang seperti peralatan rumah tangga, kendaraan, dan konstruksi logam menjadi lebih awet dan tahan lama. Dengan demikian, masyarakat dapat lebih hemat dalam pengeluaran serta lebih selektif dalam memilih produk logam yang berkualitas.

***(Halaman Sengaja Dikosongkan)***

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Logam**

Logam merupakan hal yang sangat penting dalam dunia rekayasa modern dalam pelapisan logam ada banyak sekali cara yang bisa digunakan dan ini dalam 2 bagian yaitu perlakuan permukaan dan pengerasan kulit untuk perlakuan permukaan dengan menggunakan elektroplating, *hot dipping* dan pengecatan sedang untuk pengerasan kulit meliputi *carburizing*, *cyaniding*, dan *nitriding*. Elektroplating ialah elektrodposisi *coating* / pelapis logam melekat ke elektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan dengan sifat dan dimensi berbeda daripada logam basisnya tersebut jadi pada dasarnya bisa diartikan elektroplating ialah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapis 0020 yang mana ion-ion tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan maksud electroplating adalah demi tujuan penampilan (bagus, kilap, cemerlang), perlindungan terhadap korosi sifat khas permukaan serta sifat mekanis tertentu sumber arus listrik searah dihubungkan dengan dua buah elektroda yaitu elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut sebagai katoda dan elektroda positif disebut anoda. Benda yang akan dilapisi harus bersifat konduktif atau menghantarkan arus listrik dan berfungsi sebagai katoda disebut sebagai benda kerja pada electroplating dengan anoda aktif digunakan anoda logam yang mempunyai kemurnian tinggi arus mengalir dari anoda menuju katoda melalui elektrolit (Effendi, 2009).

##### **2.1.1 Baja Karbon**

*Carbon steel* atau baja karbon merupakan salah satu jenis logam yang banyak diaplikasikan pada dunia industri. Baja banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan alat rumah tangga, namun jenis logam ini memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan korosi. Korosi adalah kerusakan akibat dari hasil reaksi kimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungannya, dari definisi tersebut jelas bahwa barang-barang yang terbuat dari logam rentan terhadap korosi yang dapat mengalami kerusakan akibat terserang korosi. Asam klorida adalah salah satu jenis asam yang sangat agresif dan korosif, untuk bagian yang terpapar dalam lingkungan korosif biasanya digunakan material paduan logam berbasis nikel yang memiliki ketahanan korosi tinggi, namun material masih termasuk material yang jarang dan mahal karena di Indonesia sendiri masih belum mampu memproduksi material paduan logam berbasis nikel, oleh karena itu diperlukan upaya untuk memperbaiki performa kerja

dari carbon steel agar ketahanan korosinya lebih baik dan dapat diaplikasikan lebih optimal. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan korosi dari *carbon steel* yaitu dengan memberikan lapisan proteksi pada permukaan *carbon steel* dengan paduan logam yang memiliki ketahanan tinggi terhadap lingkungan korosif, salah satu teknik pelapisan pada logam adalah dengan menggunakan arus listrik searah atau biasa disebut dengan teknik electroplating. Teknik pelapisan elektroplating merupakan salah satu teknik pelapisan yang relatif mudah dikerjakan, sederhana dan ekonomis, namun cukup potensial. Seperti yang telah kita ketahui bahwa proses elektroplating bertujuan agar logam lebih tahan terhadap korosi dan salah satu material *coating* yang dapat melindungi korosi dari serangan korosi adalah *nickel cobalt* (Saefuloh, 2017).

Berdasarkan kadar karbonnya, baja karbon dibagi menjadi :

Baja Karbon Rendah ( $< 0,3\% \text{ C}$ )

- Ciri-ciri: lunak, mudah dibentuk dan dilas, keuletan tinggi.
- Aplikasi: konstruksi bangunan, otomotif, pipa, rangka mesin.

Baja Karbon Sedang ( $0,3 - 0,6\% \text{ C}$ )-

- Ciri-ciri: kekuatan dan kekerasan lebih tinggi, namun keuletan berkurang.
- Aplikasi: roda gigi, poros, rel kereta, alat mesin.

Baja Karbon Tinggi ( $0,6 - 1,0\% \text{ C}$ )

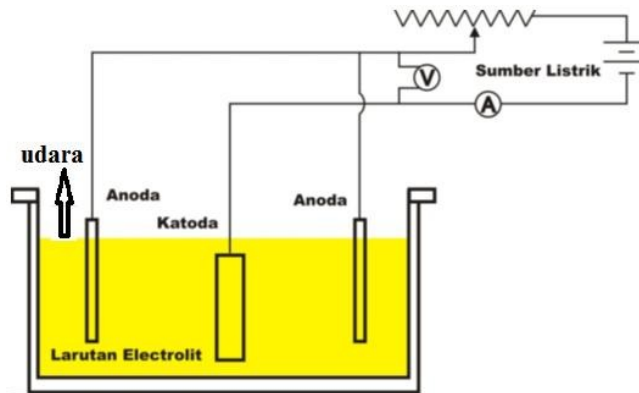
- Ciri-ciri: sangat keras, tahan aus, tetapi getas dan sulit dibentuk.
- Aplikasi: alat potong, pegas, perkakas tangan.

### 2.1.2 Baja ST-37

Baja ST37 adalah salah satu jenis baja karbon rendah yang secara luas digunakan dalam aplikasi konstruksi dan teknik. Penamaan “ST” berasal dari standar lama Jerman DIN 17100, di mana angka “37” merujuk pada kekuatan tarik minimum rata-rata baja tersebut, yakni sekitar  $370 \text{ N/mm}^2$  atau  $370 \text{ mPa}$

## 2.2 Elektroplating

Pelapisan pelapisan secara listrik atau elektroplating merupakan proses pelapisan suatu logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus listrik searah (*direct current* atau DC) dan larutan kimia (elektrolit) yang berfungsi sebagai media penyuplai ion-ion logam membentuk endapan (lapisan) logam pada elektroda katoda.



Gambar 2.1 Proses Elektroplating

(<https://www.kibrispdr.org/detail-4/gambar-skematis-proses-electroplating.html>)

Elektroplating dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui larutan antara logam atau material lain yang konduktif dua buah plat logam merupakan anoda dan katoda dihubungkan pada kutup positif dan negatif terminal sumber arus searah (DC) logam yang terhubung dengan kutup positif sumber arus searah disebut anoda dan yang terhubung dengan kutup negatif sumber arus searah disebut katoda terjadinya endapan nikel pada baja disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah secara terus menerus dari satu elektroda melalui larutan elektrolit, berdasarkan penjelasan di atas maka dapat dijelaskan bahwa prinsip kerja elektroplating adalah merupakan suatu rangkaian dari arus listrik anoda larutan elektrolit dan katoda yang membentuk satu kesatuan yang satu sama lain saling berkaitan larutan elektrolit berfungsi sebagai media penyuplai ion-ion logam dan harus mengandung unsur-unsur ion logam yang akan diendapkan bersifat konduktif.

Sebagai buffer pengatur pH dan membantu pelarutan anoda Larutan elektrolit yang banyak digunakan dalam proses elektroplating dapat bersifat asam atau basa (alkali) dan mempunyai *covering power*, *throwing power* dan *leveling* yang baik. Jenis larutan elektrolit dari setiap proses pelapisan berbeda-beda tergantung pada jenis logam pelapis yang diinginkan. (Napitupulu, 2022)

---

Kegiatan proses electroplating ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang dibutuhkan untuk melapis (rapat arus) temperatur larutan waktu pelapisan dan konsentrasi larutan distribusi perpindahan ion-ion logam selama proses pelapisan berlangsung akan dipengaruhi oleh besarnya arus luas permukaan bahan yang dilapis temperatur larutan derajat keasaman (pH) dan kekentalan (derajat baurne) atau konsentrasi larutan jika konsentrasi ion logam dalam larutan berkurang akan dihasilkan lapisan berwarna hitam (terbakar) pada rapat arus yang rendah sehingga kondisi operasi seperti rapat arus temperatur waktu dan komposisi larutan perlu dijaga agar tetap stabil, selain dari hal-hal di atas kesempurnaan lapisan dipengaruhi pula oleh bentuk anoda kemurnian anoda daya larut anoda jarak antara anoda ke katoda dan kebersihan larutan (bebas pengotor).

Fungsi dari logam pelapis terhadap logam yang dilapis adalah sebagai berikut:

- a. Memperbaiki tampak rupa (*decorative*), contoh : emas, nikel, perak dan kuningan
- b. Melindungi logam dasar dari serangan korosi.
- c. Meningkatkan ketahanan logam dasar terhadap gesekan (*abrasive*).
- d. Memperbaiki kehalusan/bentuk permukaan dan toleransi logam dasar.

## 2.3 Logam pelapis

### 2.3.1 Nikel

Merupakan unsur ke 24 terbanyak dalam batuan bumi biasanya nikel terdapat bersama besi dan kobalt pada saat ini pelapisan nikel pada besi banyak sekali dilaksanakan baik untuk tujuan pencegahan karat ataupun untuk menambah keindahan dengan hasil lapisannya yang mengkilap maka dari segi ini nikel adalah paling banyak diinginkan untuk melapis permukaan.

Jenis lain dari pelapisan nikel adalah pelapisan yang berwarna hitam. Warna hitam ini pun tampak menarik dan biasanya digunakan untuk melapis laras senapan dan lainnya. Nikel bersifat tahan karat dalam keadaan murni nikel bersifat lembek tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya dapat membentuk baja tahan karat yang keras sifat-sifat lainnya dari nikel tercantum pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Nikel

| Kriteria         | Spesifikasi              |
|------------------|--------------------------|
| Titik lebur      | 1453 °C                  |
| Titik didih      | 2913 °C                  |
| Massa atom       | 58,6934 gr/mol           |
| Massa jenis      | 8,908 gr/cm <sup>3</sup> |
| Struktur kristal | FCC                      |
| Kalor peleburan  | 17,48 kJ/mol             |
| Kalor penguapan  | 377,5 kJ/mol             |

Nikel juga memiliki kekerasan dan kekuatan yang sedang, keuletannya baik daya hantar listrik dan termal juga baik senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis dalam elektroplating pada proses plating walau kebanyakan nikel sebagai anodanya tetap perlu terus ditambahkan garam ke bak plating garam-garam yang digunakan untuk plating misalnya nikel karbonat, nikel khlorida, nikel fluoborat, nikel sulfamat (Jamaludin, 2019).

beberapa karakteristik dari logam nikel :

- |                     |      |               |                         |
|---------------------|------|---------------|-------------------------|
| -) Lambang          | : Ni | -) Density    | : 8,9 g/cm <sup>3</sup> |
| -) elektron valensi | : 2  | -) Massa atom | : 58.71gr/mol           |

Nikel pada paduannya terutama dibuat secara elektrolisis nikel adalah logam yang berwarna keabu-abuan mempunyai sel satuan kubus berpusat muka (fcc), setelah diketahui nilai kekuatan tariknya 4555 kgf/mm<sup>2</sup>, perpanjangannya 40-50 % dan kekerasannya 80-90 brinell. Nikel baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya tidak rusak oleh air mineral atau air laut, akan tetapi nikel bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit terkorosi oleh asam klorida dan asam sulfat seperti telah dikemukakan di atas nikel dipergunakan sebagai unsur paduan untuk baja dan paduan nikel tahan panas. Nikel sendiri dibuat dalam bentuk pelat tipis batangan pendek, pipa dan kawat yang dipakai untuk pembuatan tabung elektron dan penggunaan dalam industri makanan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kualitas pelapisan nikel (Sugiyarta, 2012).

### *2.3.2 Chrome*

Krom pelapis umumnya digunakan dalam **elektroplating**, yaitu proses pengendapan logam pada permukaan benda kerja menggunakan arus listrik. Dalam proses ini, logam krom diendapkan pada permukaan logam dasar (seperti baja, tembaga, atau aluminium) dari larutan elektrolit yang mengandung senyawa kromium. Pelapisan krom memberikan berbagai manfaat, antara lain peningkatan ketahanan terhadap korosi, keausan, dan perbaikan sifat mekanik serta estetika permukaan.

Krom memiliki sejumlah karakteristik yang membuatnya menjadi bahan pelapis yang sangat efektif, antara lain :

- Ketahanan korosi yang tinggi : krom memiliki lapisan oksida yang sangat tipis namun tahan terhadap berbagai jenis korosi, termasuk korosi atmosferik, air laut, dan larutan kimia ringan. Hal ini menjadikan krom sangat ideal untuk aplikasi pada komponen yang terpapar lingkungan agresif.
- Kerasan dan daya tahan : lapisan krom sangat keras dan tahan terhadap goresan, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap keausan, seperti pada komponen mesin dan alat pemotong.
- Estetika : krom juga memberikan permukaan yang mengkilap dan bersih, sehingga banyak digunakan pada aplikasi estetika seperti pelapisan pada peralatan otomotif dan aksori.

Menurut Wibowo et al. (2020), krom sebagai logam pelapis memiliki kemampuan untuk memperpanjang umur pakai komponen logam yang terpapar lingkungan yang korosif. Krom juga dapat meningkatkan kekuatan permukaan logam

---

terhadap abrasi dan goresan, yang sangat penting dalam aplikasi industri yang membutuhkan ketahanan ekstra pada komponen-komponennya

### 2.3.3 Zinc (seng)

Proses elektroplating seng dilakukan dengan mendepositkan lapisan seng pada permukaan logam, biasanya baja, untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Dalam proses ini, benda kerja yang akan dilapisi dipasang pada kutub negatif (katoda), sedangkan elektroda seng yang terlarut dalam larutan elektrolit bertindak sebagai kutub positif (anoda). Ketika arus listrik mengalir melalui elektrolit, ion-ion seng di elektrolit akan tereduksi dan menempel pada permukaan benda kerja. Pelapisan zinc dengan elektroplating memiliki beberapa keunggulan, antara lain :

- Peningkatan ketahanan terhadap korosi: lapisan seng memberikan perlindungan terhadap baja dari korosi yang disebabkan oleh paparan air, udara lembap, dan garam.
- Penampilan estetik : pelapisan seng dapat memberikan tampilan yang lebih halus dan estetik pada permukaan logam, terutama dalam aplikasi di industri otomotif dan elektronik.
- Biaya yang efektif: Dibandingkan dengan pelapisan logam lain seperti nikel atau emas, elektroplating seng cenderung lebih murah dan lebih efisien secara biaya.

“Pelapisan seng pada baja melalui elektroplating dapat memberikan perlindungan yang sangat baik terhadap korosi, terutama pada komponen otomotif yang sering terpapar kondisi lingkungan yang ekstrem”. Nugroho, A. (2020). *Pengaruh Proses Elektroplating terhadap Ketahanan Korosi dan Penampilan Permukaan Baja dengan Pelapisan Perak*.

### 2.3.4 Pemilihan logam pelapis

Secara fungsional, nikel memiliki ketahanan korosi yang sangat baik karena kemampuannya membentuk lapisan pasif yang melindungi logam dasar dari reaksi lingkungan. Ketahanan ini membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi teknik, termasuk pelapisan baja karbon rendah (Nickel Institute, 2023).

Selain itu, nikel juga memberikan sifat mekanik yang baik, termasuk meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan aus, yang penting untuk komponen yang mengalami gesekan. Lapisan nikel juga dapat menyebar merata di permukaan kompleks atau bagian-bagian dengan geometri rumit, terutama jika menggunakan metode *electroless plating* (Advanced Plating Technologies, 2016).

---

## 2.4 Larutan Elektrolit untuk Pelapis

Larutan elektrolit berfungsi sebagai medium penghantar arus listrik dan sumber ion nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ ) dalam proses pelapisan. Salah satu larutan elektrolit yang umum digunakan untuk proses elektroplating nikel adalah **Watts Bath**, yang terdiri dari beberapa komponen utama seperti *Nickel Sulfate*, *Nickel Chloride*, dan *Boric Acid*. Komposisi umum larutan Watts Bath ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Tabel Komposisi Watt Bath

| Komponen               | Rumus Kimia                               | Konsentrasi (g/L) | Fungsi Utama                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| <i>Nickel Sulfate</i>  | $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 240 – 300         | Sumber Utama ion                                             |
| <i>Nickel Chloride</i> | $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 30 – 60           | Meningkatkan konduktivitas larutan dan melarutkan anoda      |
| <i>Boric Acid</i>      | $\text{H}_3\text{BO}_3$                   | 30 - 40           | Penstabil pH dan pencegah terbentuknya permukaan kasar       |
| <i>Air Destilasi</i>   | $\text{H}_2\text{O}$                      |                   | Pelarut untuk semua komponen, mencegah kontaminasi ion asing |

## 2.5 Tahapan proses pelapisan

Proses pelapisan logam ini dilakukan dengan sistem electroplating dimana logam pelapis yaitu nikel bertindak sebagai anoda, sedangkan benda kerja yang dilapisi sebagai katoda, kedua elektroda tersebut dicelupkan dalam suatu elektrolit yang mengandung nikel sulfat pada saat pelapisan nikel, salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapisi dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi berdasarkan uraian tersebut proses electroplating tidak lepas dari suatu masalah, baik masalah yang ditimbulkan oleh kualitas material yang akan diproses ataupun masalah yang ditimbulkan oleh proses pelapisan logam itu sendiri, sehingga dapat menurunkan mutu atau kualitas logam yang telah melalui proses pelapisan logam salah satu yang menjadi perhatian adalah variasi tegangan dan lama pencelupan untuk mengetahui tingkat kepadatan pada proses pelapisan nikel (Rozak, 2017).

Proses pelapisan dengan menggunakan metode elektroplating dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu :

A. Proses Persiapan Pengerjaan (*Pre Treatment*) sebelum proses elektroplating dilakukan, permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi benar-benar bersih bebas dari bermacam-macam pengotor.

1) Pembersihan secara mekanik Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta geram-geram yang masih melekat pada benda kerja biasanya untuk menghilangkan goresan-goresan dan geram-geram tersebut dilakukan dengan mesin gerinda atau roda yang berputar yang diberi abrasif, sedangkan untuk menghaluskan permukaan dilakukan dengan proses buffing maupun polishing dalam berbagai tingkat kehalusan yang berbeda, soda terbuat dari kain kanvas, katun atau kulit, prinsipnyasama dengan proses gerinda tetapi roda polesnya yang berbeda. selain proses yang diatas kadangkadang diperlukan proses lain misalnya brushing, brightening dan sebagainya.

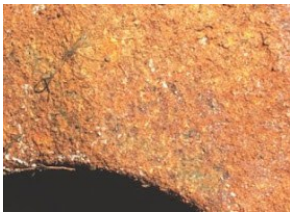
2) Pembersihan dengan pelarut (*solvent*) proses ini bertujuan untuk membersihkan specimen dari debu, lemak, minyak, garam dan kotoran udara/mengalami korosi sebelum proses plating dengan pelarut organik, alkali, dan celup asam, pembersihan dilakukan dengan cara :

- a. Pembersihan dengan *vapour degreasin*.
  - b. Pembersihan dengan cara alkali (*alkaline cleaning*).
  - c. Pembersihan secara elektro (*elektrolitik degreasing*).
  - d. Pembersihan dengan asam (*acid dipping*).
-

B. Proses lapis listrik Setelah benda kerja betul-betul bebas dari pengotor maka benda kerja tersebut sudah siap untuk dilapisi rangkaian sistem pelapisan dalam operasi pelapisan kondisi operasi penting sekali untuk diperhatikan karena kondisi tersebut menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu pelapisan yang dihasilkan kondisi operasi yang perlu diperhatikan tegangan Listrik (Voltage) prinsip dasar dari proses lapisan listrik adalah berpedoman atau berdasarkan hukum faraday menyatakan :

- 1) Jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
- 2) Jumlah unsur-unsur yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa adalah sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut. Hukum faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus terjadi pada pelapisan listrik efisiensi arus listrik adalah perbandingan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen (%) (hukum Ohm). Tegangan yang digunakan dalam proses lapis listrik atau elektroplating yang dapat divariabelkan adalah 1 volt samapai dengan 10 volt sedang amperenya berbanding lurus kecil atau besar dengan tegangannya, maksudnya adalah bila luas permukaan benda kerja bervariasi maka rapat aruslah yang menyesuaikan dengan besar kecilnya voltage bila dengan sistem bak asam kromat efisiensi arus platingnya rendah laju deposisi tetap besar karena tegangan yang digunakan pada posisi paling besar pada temperatur yang tinggi daya larut bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan konduktifitasnya tinggi serta menambah mobilitas ion logam tetapi viskositas menjadi berkurang sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya
- 3) pH larutan dipakai untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit dalam operasi lapis listrik, pH berarti pula  $pOH$  pH larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH colorimeter tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat atau mengecek kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang baik.

## 2.6 Macam macam korosi



a) korosi seragam



b) korosi lubang



c) korosi erosi



d) korosi celah



e) korosi galvanis

(<https://www.kajianpustaka.com/2019/12/korosi-pengkaratan-reaksi-jenis-penyebab-dan-perlindungan.html>)

### a) Korosi seragam (*Uniform Corrosion*)

Korosi ini terjadi karena adanya proses secara kimia atau secara elektrokimia pada permukaan logam dan berlangsung secara merata bentuk korosi ini merupakan bentuk korosi yang paling umum ditemui dan dapat terjadi dalam semua lingkungan

### b) Korosi lubang (*Pitting Corrosion*)

Korosi ini pada umumnya timbul dengan terbentuknya lubang-lubang yang tidak merata dipermukaan lubang dapat berkembang menjadi dalam sekali bahkan dapat menembus logam. Korosi ini pada umumnya dijumpai pada stainless steel dan aluminium dalam air laut dan air asam mekanisme korosi ini tidak jelas tetapi bisa diduga karena permukaan lubang ditutupi oleh lapisan oksida rusak atau tidak sempurna bagian dalam logam menjadi anoda dan bagian luar menjadi katoda apabila lapisan rusak maka akan timbul korosi secara lokal dan dengan adanya oksigen akan mempercepat proses terbentuknya lubang-lubang tersebut.

c) Korosi erosi (*Erosion Corrosion*)

Korosi erosi adalah perusakan bahan karena pengikisan oleh kecepatan aliran fluida atau turbulensi aliran fluida dipermukaan bahan akibat adanya kecepatan aliran dari turbulensi aliran, maka lapisan pelindung atau lapisan oksida oleh lingkungan akan terkikis sehingga bahan konstruksi rusak banyak contoh korosi ini terutama yang disebabkan oleh efek-efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan logam mudah terkena serangan semacam ini terutama logam-logam lunak seperti tembaga, kuningan dan aluminium.

d) Korosi celah (*Crevice Corrosion*)

Korosi ini sering disebabkan oleh oksigen yang terkonsentrasi pada tempat celah dan pada permukaan cairan konsentrasi oksigen yang rendah akan menempati lokasi anodik sehingga merupakan sumber korosi celah.

e) Korosi galvanis (*Galvanic cell*)

Korosi ini terjadi bila dua logam yang tidak sama kontak didalam lingkungan yang terkorosif pada keadaan demikian terbentuk beda potensial antara kedua logam tersebut beda potensial menyebabkan mengalirnya elektron dari anoda ke katoda. Anoda dalam hal ini adalah bahan yang mengalami degradasi secara kimia.

## 2.7 Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu dalam pengukuran laju korosi (*corrosion rate*) secara eksperimen dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

Metode kehilangan berat (*Weight Loss*)

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut.

$$CR = \frac{\Delta W \times K}{D \times A \times T}$$

Dimana :

CR = Laju Korosi (*mm/year*)

W = Kehilangan Massa (*gram*)

K = Konstanta Faktor (*mm/year = 87,6 × 10<sup>4</sup>*)

D = Densitas (*gram/cm<sup>3</sup>*)

A = Luas Permukaan (*cm<sup>2</sup>*)

T = Waktu (*jam*)

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat, kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya metode ini bila dijalankan dengan waktu yang lama dan suistainable dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut juga dapat dijadikan referensi untuk treatment yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

## **2.8 Mikroskop Metalografi**

Mikroskop metalografi adalah alat optik yang digunakan untuk mengamati dan menganalisis struktur mikro pada permukaan logam atau paduan logam yang telah dipersiapkan dengan metode metalografi (pemotongan, mounting, pengamplasan, pemolesan, dan etsa). Mikroskop ini bekerja dengan prinsip pembesaran optik menggunakan sistem lensa untuk memperbesar detail permukaan spesimen, sehingga memungkinkan identifikasi fasa, batas butir, cacat mikro, dan struktur lainnya.

Mikroskop metalografi umumnya merupakan mikroskop cahaya refleksi, karena logam tidak tembus cahaya. Cahaya diarahkan dari atas dan dipantulkan kembali oleh permukaan logam ke lensa objektif.



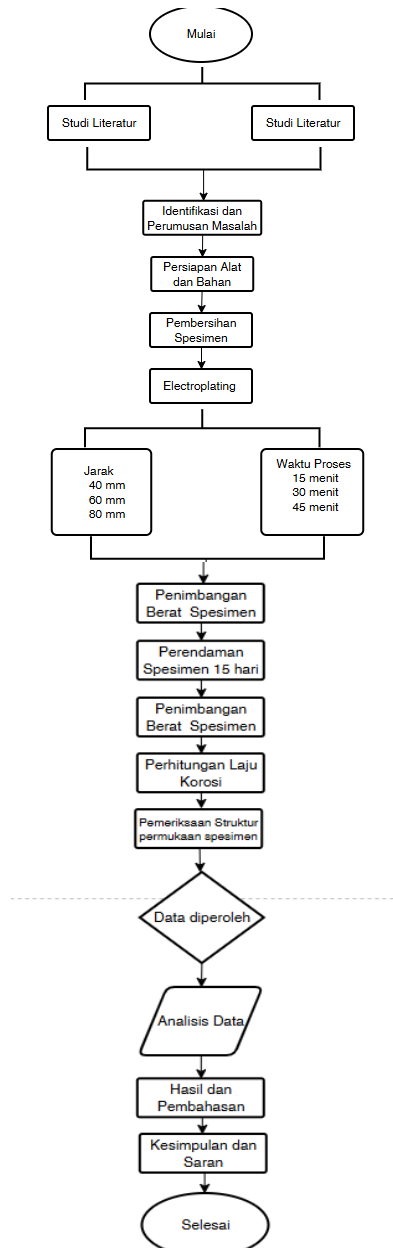
Gambar 2.2 Mikroskop Metalografi

<https://www.expometals.net/de/hall/kontrolle/nachpruefung-und-testgeraete/stand/vision-engineering-ltd/products/inspektionsmikroskop-fuer-werkstoffe-und-metallurgische-eigenschaften>

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.2 Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, proses elektroplating dilakukan untuk memperoleh lapisan pelindung pada bahan baja ST 37 dengan dimensi 30 x 20 mm. Proses electroplating ini bertujuan untuk memperbaiki sifat material baja, seperti ketahanan terhadap korosi dan keausan. Berikut adalah tahapan persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam proses elektroplating.

#### 3.2.1 Alat yang Digunakan

Untuk mendukung kelancaran proses elektroplating, diperlukan beberapa alat yang spesifik. Adapun alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Catu Daya DC (*Power Supply*)



Gambar 3.2 *Power Supply*

Fungsi : Untuk menyediakan sumber arus searah (DC) yang diperlukan untuk proses elektroplating.

Spesifikasi : Dapat mengatur tegangan dan arus sesuai dengan kebutuhan proses plating.

2. Tangki Elektroplating



Gambar 3.3 *Glass Breaker*

Fungsi : Menyediakan tempat untuk larutan elektrolit yang digunakan selama proses elektroplating.

Bahan : Biasanya terbuat dari bahan plastik atau kaca yang tahan terhadap larutan kimia.

Dimensi : disesuaikan dengan ukuran benda yang akan diproses.

---

3. Anoda (*Electrode Positive*)



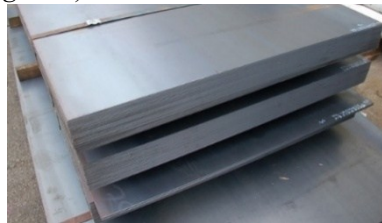
Gambar 3.4 Nikel Batangan

(<https://widerangemetals.com/id/anoda-logam-nikel>)

Fungsi : Menyediakan ion logam yang akan terdeposit pada permukaan benda uji.

Bahan : Tembaga atau logam lain yang sesuai dengan jenis elektroplating yang diinginkan.

4. Katoda (*Electrode Negative*)



Gambar 3.5 Baja Karbon Rendah ST-37

(<https://www.issc.or.id/index.php?artikel=00001>)

Fungsi : Tempat dimana benda uji (material baja ST 37) akan dipasang dan menerima lapisan logam.

Bahan : Baja ST 37 dengan dimensi 30 x 20 mm.

Posisi : Terhubung dengan kutub negatif sumber catu daya.

5. Pengaduk (*Stirrer*)

Fungsi : Untuk mengaduk larutan elektrolit agar distribusi ion logam merata selama proses elektroplating.

## 7. Termometer



Gambar 3. 6 Termometer

Fungsi: Untuk mengukur suhu larutan elektrolit, karena suhu dapat mempengaruhi kualitas lapisan yang terbentuk.

## 8. Kabel dan Klem



Gambar 3.7 Kabel Klem

(<https://ecadio.com/kabel-capit-buaya>)

Fungsi : Untuk menghubungkan sumber daya (*power supply*) dengan anoda dan katoda.

## 9. Timer

Fungsi : Untuk mengatur durasi proses elektroplating.

### 3.2.3 Prosedur Persiapan Benda Uji

Sebelum memulai proses electroplating, benda uji berupa baja ST 37 dengan ukuran 30 x 20 mm harus dipersiapkan dengan benar agar hasil lapisan electroplating optimal. Tahapan persiapan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Pemotongan dan Pengukuran Benda Uji

Potong bahan baja ST 37 sesuai ukuran yang diinginkan (30 x 20 mm x 1,1 mm ) jika belum terpotong. Pastikan permukaan benda uji rata dan bersih.

2. Pembersihan Permukaan

Rendam baja ST 37 dalam larutan asam atau basa (misalnya HCl atau NaOH) untuk menghilangkan oksidasi, karat, atau minyak yang ada pada permukaan baja. Setelah itu, cuci benda uji menggunakan air distilasi untuk menghilangkan sisa larutan kimia.

3. Pencucian dan Pengeringan

Setelah permukaan benda uji dibersihkan, bilas dengan air distilasi dan keringkan menggunakan lap bersih atau udara. Pastikan tidak ada kotoran atau debu yang menempel pada permukaan yang akan dilapisi.

4. Pemasangan pada Katoda

Pasang benda uji pada kutub negatif (katoda) dan pastikan posisinya stabil selama proses electroplating.

### 3.2.4 Langkah-langkah Persiapan Larutan Elektrolit

Sebelum melakukan electroplating, larutan elektrolit harus dipersiapkan dengan benar agar ion logam dapat terlarut dan dapat ditransfer ke permukaan benda uji secara efektif. Berikut adalah langkah-langkah untuk menyiapkan larutan elektrolit

1. Pencampuran Bahan Larutan

Larutkan garam logam (misalnya  $\text{NiSO}_4$  untuk pelapisan Nikel) dalam air distilasi sesuai dengan konsentrasi yang dibutuhkan. Pastikan larutan tercampur rata dan tidak ada endapan yang terbentuk.

2. Pengaturan pH dan Suhu

Sesuaikan pH larutan sesuai dengan jenis electroplating yang dilakukan. Misalnya, untuk pelapisan tembaga, pH larutan sebaiknya berada di kisaran 3,5 - 4,5. Periksa suhu larutan, karena suhu mempengaruhi kecepatan dan kualitas lapisan. Idealnya, suhu harus dijaga antara 55°C hingga 65°C, tergantung pada jenis logam yang digunakan.

---

### 3.3 Proses elektroplating

Proses pelapisan logam ini dilakukan dengan sistem elektroplating dimana logam pelapis yaitu nikel bertindak sebagai anoda, sedangkan benda kerja yang dilapisi sebagai katoda, kedua elektroda tersebut dicelupkan dalam suatu elektrolit yang mengandung nikel sulfat pada saat pelapisan nikel, salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapisi dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi berdasarkan uraian tersebut proses elektroplating tidak lepas dari suatu masalah, baik masalah yang ditimbulkan oleh kualitas material yang akan diproses ataupun masalah yang ditimbulkan oleh proses pelapisan logam itu sendiri, sehingga dapat menurunkan mutu atau kualitas logam yang telah melalui proses pelapisan logam salah satu yang menjadi perhatian adalah variasi tegangan dan lama pencelupan untuk mengetahui tingkat kepadatan pada proses pelapisan nikel (Rozak, 2017).

Proses pelapisan dengan menggunakan metode elektroplating dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu :

A. Proses Persiapan Pengerjaan (*Pre Treatment*) Sebelum proses electroplating dilakukan, permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi benar-benar bersih bebas dari bermacam-macam pengotor.

1) Pembersihan secara mekanik pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan - goresan serta geram-geram yang masih melekat pada benda kerja biasanya untuk menghilangkan goresan - goresan dan geram - geram tersebut dilakukan dengan mesin gerinda atau roda yang berputar yang diberi abrasif, sedangkan untuk menghaluskan permukaan dilakukan dengan proses buffing maupun polishing dalam berbagai tingkat kehalusan yang berbeda, soda terbuat dari kain kanvas, katun atau kulit, prinsipnyasama dengan proses gerinda tetapi roda polesnya yang berbeda. selain proses yang diatas kadangkadang diperlukan proses lain misalnya *brushing*, *brightening* dan sebagainya.

2) Pembersihan dengan pelarut (*solvent*) proses ini bertujuan untuk membersihkan specimen dari debu, lemak, minyak, garam dan kotoran udara/mengalami korosi sebelum proses plating dengan pelarut organik, alkali, dan celup asam, pembersihan dilakukan dengan cara :

- a. Pembersihan dengan *vapour degreasin*.
  - b. Pembersihan dengan cara alkali (*alkaline cleaning*).
  - c. Pembersihan secara elektro (*elektrolitik degreasing*).
  - d. Pembersihan dengan asam (*acid dipping*).
-

B. Proses lapis listrik Setelah benda kerja betul-betul bebas dari pengotor maka benda kerja tersebut sudah siap untuk dilapisi rangkaian sistem pelapisan dalam operasi pelapisan kondisi operasi penting sekali untuk diperhatikan karena kondisi tersebut menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu pelapisan yang dihasilkan kondisi operasi yang perlu diperhatikan tegangan Listrik (*Voltage*) prinsip dasar dari proses lapisan listrik adalah berpedoman atau berdasarkan hukum faraday menyatakan :

a) Jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.

b) Jumlah unsur-unsur yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa adalah sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut. Hukum faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus terjadi pada pelapisan listrik efisiensi arus listrik adalah perbandingan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen (%) (hukum Ohm). Tegangan yang digunakan dalam proses lapis listrik atau electroplating yang dapat divariabelkan adalah 1 volt samapai dengan 10 volt sedang amperenya berbanding lurus kecil atau besar dengan tegangannya, maksudnya adalah bila luas permukaan benda kerja bervariasi maka rapat aruslah yang menyesuaikan dengan besar kecilnya voltage bila dengan sistem bak asam kromat efisiensi arus platingnya rendah laju deposisi tetap besar karena tegangan yang digunakan pada posisi paling besar pada temperatur yang tinggi daya larut bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan konduktifitasnya tinggi serta menambah mobilitas ion logam tetapi viskositas menjadi berkurang sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya

c) pH larutan dipakai untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit dalam operasi lapis listrik, pH berarti pula  $pOH$  pH larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH colorimeter tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat atau mengecek kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang baik.

### 3.4 Pengujian Laju Korosi dengan Metode *Weight Loss*

Metode loss weight adalah teknik yang digunakan untuk mengukur laju korosi material berdasarkan perbedaan massa sampel sebelum dan sesudah terpapar larutan korosif dalam jangka waktu tertentu. Pengujian ini cukup efektif untuk menilai ketahanan material terhadap korosi dengan mengukur seberapa banyak material yang terkorosi.

---

Langkah-langkah Pengujian Laju Korosi dengan Metode *Weight Loss* :

1. Persiapan Sampel

Pemotongan Sampel : Potong baja ST 37 yang telah dilapisi dengan electroplating menjadi beberapa potongan kecil dengan ukuran yang seragam (misalnya 30 x 20 mm atau ukuran lain yang sesuai dengan eksperimen).

Pengukuran Berat Awal : Timbang berat awal sampel menggunakan timbangan analitik dengan akurasi yang tinggi (misalnya hingga 0,001 gram). Catat berat sampel dengan teliti.

2. Pembersihan Sampel

Pembersihan Permukaan: Bersihkan sampel dari kotoran, minyak, atau debu dengan menggunakan alkohol isopropil atau larutan asam ringan (seperti asam asetat atau asam klorida encer) untuk memastikan sampel tidak terkontaminasi. Setelah dibersihkan, bilas sampel dengan air distilasi dan keringkan dengan hati-hati menggunakan kain lembut atau udara kering.

3. Persiapan Larutan Elektrolit (Larutan Korosif)

Larutan NaCl (Natrium Klorida) : Larutan NaCl dengan konsentrasi 3,5% digunakan untuk mensimulasikan kondisi korosif yang ada di lingkungan laut. Larutan ini memiliki salinitas yang serupa dengan air laut.

Volume Larutan : Siapkan larutan NaCl secukupnya agar seluruh sampel dapat terendam sepenuhnya selama pengujian.

4. Penempatan Sampel dalam Larutan Korosif

Perendaman Sampel : Masukkan sampel baja ST 37 ke dalam larutan korosif (air hujan) yang telah disiapkan. Pastikan sampel terendam penuh dalam larutan.

Waktu Pengujian : Tentukan waktu perendaman berdasarkan standar atau tujuan eksperimen. Waktu pengujian dapat berkisar antara beberapa hari hingga beberapa minggu, tergantung pada kondisi yang ingin disimulasikan (misalnya 24 jam, 7 hari, 14 hari, dan seterusnya).

Suhu : Jaga suhu larutan pada suhu kamar (sekitar 25°C) atau sesuai dengan persyaratan eksperimen yang dilakukan.

#### 5. Pengambilan Sampel setelah Perendaman

Setelah waktu perendaman selesai, angkat sampel dari larutan korosif dengan hati-hati.

Pencucian Sampel : Cuci sampel dengan air distilasi untuk menghilangkan sisa larutan korosif. Pastikan sampel benar-benar bersih dari larutan kimia sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya.

#### 6. Pengeringan Sampel

Keringkan sampel menggunakan udara kering atau menggunakan oven dengan suhu rendah (sekitar 40 - 50°C) untuk memastikan sampel benar-benar kering tanpa merusak lapisan pelapisan atau material baja.

#### 7. Pengukuran Berat Sampel Setelah Pengujian

Setelah sampel kering, timbang kembali sampel dengan timbangan analitik yang memiliki ketelitian tinggi untuk mendapatkan berat akhir sampel. Catat berat akhir sampel setelah terendam dalam larutan korosif.

#### 8. Perhitungan Laju Korosi

Hitung kehilangan berat spesimen (*weight loss*) dengan rumus berikut :

$$\text{Loss of Weight } (\Delta W) = \text{berat akhir } (W_1) - \text{berat awal } (W_0)$$

Hitung laju korosi menggunakan metode *weight loss* dengan rumus berikut :

$$\text{laju korosi } (CR) = \frac{\text{konstanta } (K) \times \text{loss of weight } (\Delta W)}{\text{luas permukaan } (A) \times \text{waktu } (T) \times \text{densitas } (\rho)}$$

K adalah konstanta yang digunakan untuk konversi, biasanya  $8,76 \times 10^4$ .

Densitas Material ( $\text{g/cm}^3$ ) adalah densitas baja ST-37, yang biasanya sekitar  $7,85 \text{ g/cm}^3$ .

Luas Sampel ( $\text{cm}^2$ ) adalah luas permukaan sampel yang terpapar larutan (misalnya  $25 \text{ cm}^2$  untuk sampel dengan ukuran  $3 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 0,12 \text{ cm}$ ).

Waktu (jam) adalah waktu perendaman dalam larutan.

#### 9. Dokumentasi dan Analisis Hasil

Analisis Hasil Perhitungan : Setelah dihitung, bandingkan nilai laju korosi dari masing-masing sampel untuk menilai ketahanan korosi setelah proses electroplating.

Penyajian Data : Sajikan data dalam bentuk tabel atau grafik untuk memudahkan analisis. Grafik dapat menunjukkan hubungan antara waktu perendaman dengan laju korosi, atau perbandingan antara sampel yang berbeda dengan ketebalan lapisan yang berbeda.

#### 10. Rangkuman Pengujian Laju Korosi dengan Metode *Weight Loss*

Metode loss weight adalah teknik yang efektif untuk mengukur laju korosi pada material baja ST 37 yang telah dilapisi dengan electroplating. Tahapan yang dilakukan meliputi :

- Persiapan sampel dengan pengukuran berat awal.
- Perendaman sampel dalam larutan korosif selama waktu tertentu.
- Pengukuran berat sampel setelah perendaman untuk menghitung kehilangan berat.
- Perhitungan laju korosi berdasarkan perbedaan berat sebelum dan setelah terpapar larutan korosif.
- Metode ini memberikan hasil yang sederhana namun cukup akurat untuk menilai ketahanan material terhadap korosi dalam kondisi yang disimulasikan.

### **3.5 Microscope Metalografi**

#### **1. Pembersihan Spesimen**

Spesimen yang telah direndam dalam larutan korosif dikeringkan terlebih dahulu menggunakan tisu bebas serat atau udara tekan. Jika diperlukan, pembersihan ringan dilakukan untuk menghilangkan kotoran atau sisa larutan yang menempel.

#### **2. Pemasangan Spesimen ke Meja Mikroskop**

Spesimen diletakkan di atas meja mikroskop dan diposisikan dengan stabil agar fokus pengamatan tetap berada di satu titik permukaan.

#### **3. Pengaturan Pembesaran**

Pembesaran mikroskop diatur mulai dari perbesaran rendah (10x) untuk melihat kondisi umum, lalu dinaikkan ke perbesaran tinggi (50x hingga lebih) untuk melihat detail mikrostruktur.

#### **4. Pengambilan Gambar**

Gambar permukaan diambil menggunakan kamera digital yang terintegrasi pada mikroskop. Setiap gambar diberi keterangan pembesaran, posisi, dan nomor spesimen.

#### **5. Pencatatan Hasil Observasi**

Hasil pengamatan dicatat dalam lembar pengamatan, termasuk jenis kerusakan (retak, lubang, korosi pitting), luas area terdampak, dan intensitas kerusakan secara kualitatif.

#### **6. Perbandingan Antar Spesimen**

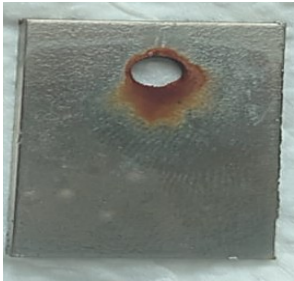
Gambar dan data pengamatan antar spesimen dibandingkan berdasarkan variabel perlakuan (tegangan listrik, waktu proses elektroplating) untuk menganalisis pengaruh perlakuan terhadap perlindungan lapisan.

***(Halaman Sengaja Dikosongkan)***

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembahasan Hasil Proses Elektroplating

| Keterangan     | Spesimen Electroplating                                                             | Keterangan                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 40 mm 15 menit |    |    |
| 40 mm 30 menit |   |   |
| 40 mm 45 menit |  |  |

| Keterangan     | Spesimen Electroplating                                                             | Keterangan                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 60 mm 15 menit |    |    |
| 60 mm 30 menit |    |    |
| 60 mm 45 menit |   |   |
| 80 mm 15 menit |  |  |

| Keterangan     | Spesimen Electroplating                                                           | Keterangan                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 80 mm 30 menit |  |  |
| 80 mm 45 menit |  |  |

#### 4.2 Data *Weight Loss* Spesimen

Penimbangan spesimen menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,001 gram.



Gambar 4.1 Timbangan ( ketelitian 0,001 gram )

Rumus *Weight Loss* :

$$\Delta W = W_1 - W_0$$

Keterangan :

- $\Delta W$  = Kehilangan berat akibat perendaman larutan korosi (gram)
- $W_1$  = Berat spesimen setelah proses Elektroplating (gram)
- $W_0$  = Berat spesimen sebelum proses Elektroplating (gram)



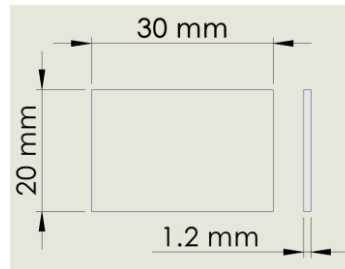
Gambar 4.2 Contoh Penimbangan Spesimen setelah Elektroplating

*Tabel 4.1 Tabel Data Weight Loss*

| Variasi |          | Kode spesimen | Hasil elektroplating |             | Larutan korosif | Selisih berat spesimen |
|---------|----------|---------------|----------------------|-------------|-----------------|------------------------|
|         |          |               | Berat awal           | Berat akhir | Berat akhir     |                        |
| 40 mm   | 15 menit | 01            | 5,289                | 5,636       | 5,630           | 0,006                  |
|         |          | 02            | 5,333                | 5,683       | 5,682           | 0,001                  |
|         |          | 03            | 5,303                | 5,653       | 5,650           | 0,003                  |
|         | 30 menit | 04            | 5,232                | 5,612       | 5,610           | 0,002                  |
|         |          | 05            | 5,134                | 5,514       | 5,511           | 0,003                  |
|         |          | 06            | 5,278                | 5,658       | 5,657           | 0,001                  |
|         | 45 menit | 07            | 5,343                | 5,793       | 5,791           | 0,002                  |
|         |          | 08            | 5,437                | 5,887       | 5,886           | 0,001                  |
|         |          | 09            | 5,414                | 5,864       | 5,862           | 0,002                  |
| 60 mm   | 15 menit | 10            | 5,197                | 5,497       | 5,496           | 0,001                  |
|         |          | 11            | 5,289                | 5,589       | 5,585           | 0,004                  |
|         |          | 12            | 5,380                | 5,680       | 5,676           | 0,004                  |
|         | 30 menit | 13            | 5,360                | 5,690       | 5,687           | 0,003                  |
|         |          | 14            | 5,346                | 5,676       | 5,675           | 0,001                  |
|         |          | 15            | 5,176                | 5,506       | 5,504           | 0,002                  |
|         | 45 menit | 16            | 5,300                | 5,680       | 5,679           | 0,001                  |
|         |          | 17            | 5,361                | 5,741       | 5,740           | 0,001                  |
|         |          | 18            | 5,307                | 5,687       | 5,685           | 0,002                  |
| 80 mm   | 15 menit | 19            | 5,184                | 5,384       | 5,376           | 0,008                  |
|         |          | 20            | 5,255                | 5,455       | 5,442           | 0,013                  |
|         |          | 21            | 5,201                | 5,401       | 5,398           | 0,003                  |
|         | 30 menit | 22            | 5,282                | 5,532       | 5,531           | 0,001                  |
|         |          | 23            | 5,263                | 5,513       | 5,510           | 0,003                  |
|         |          | 24            | 5,238                | 5,488       | 5,487           | 0,001                  |
|         | 45 menit | 25            | 5,243                | 5,523       | 5,521           | 0,002                  |
|         |          | 26            | 5,281                | 5,561       | 5,558           | 0,003                  |
|         |          | 27            | 5,182                | 5,462       | 5,461           | 0,001                  |

### 4.3 Perhitungan laju Korosi

Laju korosi menggunakan metode *weight loss*



Gambar 4.3 *Drawing Specimen*

Menentukan luas permukaan spesimen :

$$p = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$$

$$l = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm} = 0,12 \text{ cm}$$

$$\text{Luas Permukaan } (A) = 2 ((p \times l) + (p \times t) + (l \times t))$$

$$\text{Luas Permukaan } (A) = 2 ((3 \times 2) + (3 \times 0,12) + (2 \times 0,12))$$

$$\text{Luas Permukaan } (A) = 2 ((6) + (0,36) + (0,24))$$

$$\text{Luas Permukaan } (A) = 2 (6,6)$$

$$\text{Luas Permukaan } (A) = 13,2 \text{ cm}^2$$

Setelah mendapat nilai *wight loss*, langkah selanjutnya adlah perhitungan laju korosi (*corrossion rate*) setiap variasi pada spesimen, adapun rumus laju korosinya sebagai berikut :

Perhitungan laju korosi salah satu spesimen pada jarak 40 mm 50 menit :

$$CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,006}{13,2 \times 348 \times 7,85}$$

$$CR = 0,014575804 \text{ mm/y}$$

Perhitungan laju korosi salah satu spesimen pada jarak 60 mm 15 menit :

$$CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,004}{13,2 \times 348 \times 7,85}$$

$$CR = 0,009717203 \text{ mm/y}$$

Perhitungan laju korosi salah satu spesimen pada jarak 80 mm 15 menit :

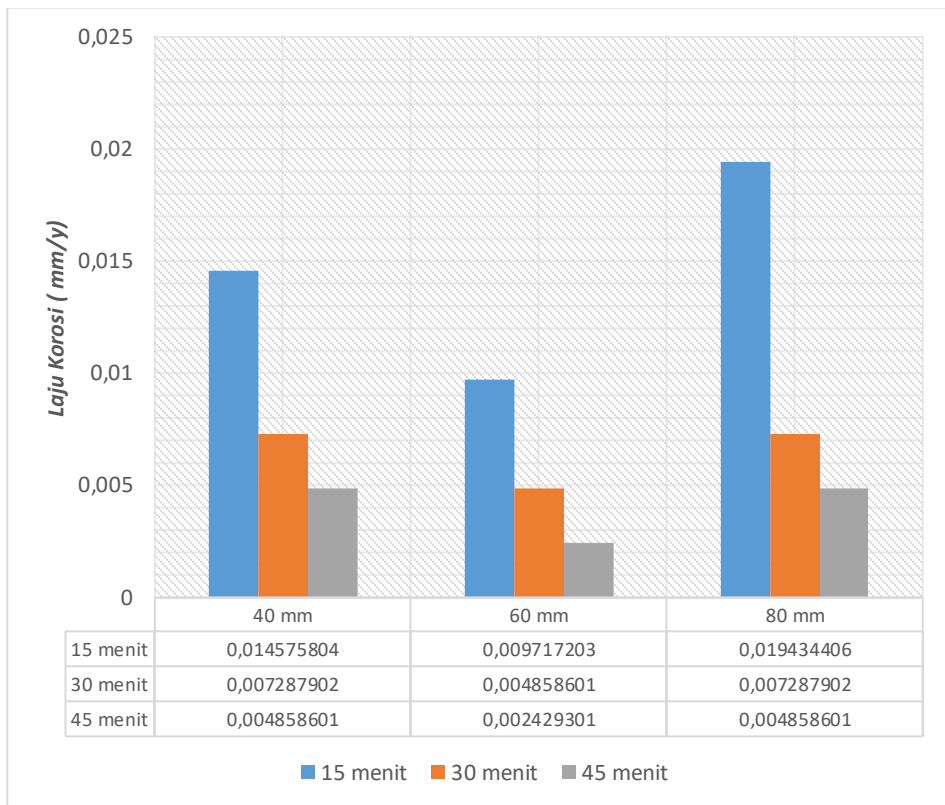
$$CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,013}{13,2 \times 348 \times 7,85}$$

$$CR = 0,031580909 \text{ mm/y}$$

Tabel 4.2 Tabel Laju Korosi

| Jarak | Waktu    | Perhitungan laju korosi dengan metode <i>weight loss</i> (mm/y)                          |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40 mm | 15 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,006}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,014575804$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,007287902$ |
|       | 30 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,007287902$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       | 45 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |

| Jarak | Waktu    | Perhitungan laju korosi dengan metode <i>weight loss</i> (mm/y)                          |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 60 mm | 15 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,004}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,009717203$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,004}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,009717203$ |
|       | 30 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,007287902$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |
|       | 45 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |
| 80 mm | 15 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,008}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,019434406$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,013}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,031580909$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,007287902$ |
|       | 30 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,007287902$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |
|       | 45 menit | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,002}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,004858601$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,007287902$ |
|       |          | $CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,001}{13,2 \times 348 \times 7,85} = 0,002429301$ |



Gambar 4.4 Grafik Laju Korosi dengan Variasi Jarak dan Waktu Proses Elektroplating

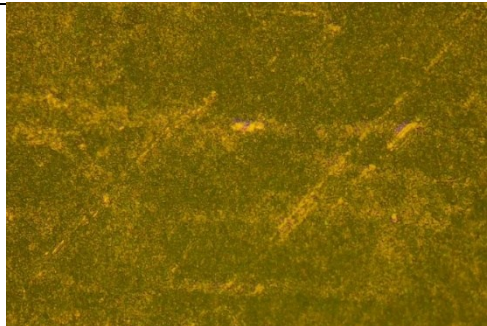
Berdasarkan hasil penimbangan berat specimen pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu elektroplating terhadap ketahanan korosi pada baja karbon rendah ST-37 setelah direndam dalam media air hujan di wilayah Surabaya pada bulan April 2025 dengan konsentrasi asam (pH 5,72) selama 348 jam, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

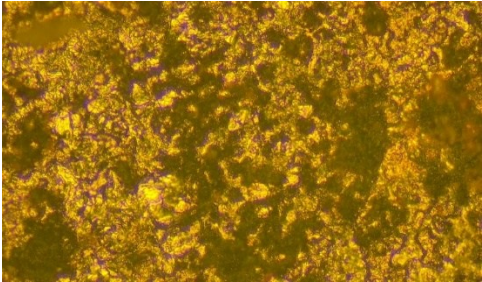
- **Waktu elektroplating mempengaruhi ketahanan korosi specimen.** Semakin lama waktu elektroplating, semakin kecil penurunan berat setelah perendaman. Waktu elektroplating 45 menit memberikan hasil ketahanan korosi terbaik dibandingkan 15 dan 30 menit, ditunjukkan dengan rata-rata kehilangan berat terendah (0,001–0,003 gram). Hal ini menunjukkan lapisan nikel yang lebih tebal dan padat mampu memberikan perlindungan yang lebih baik.

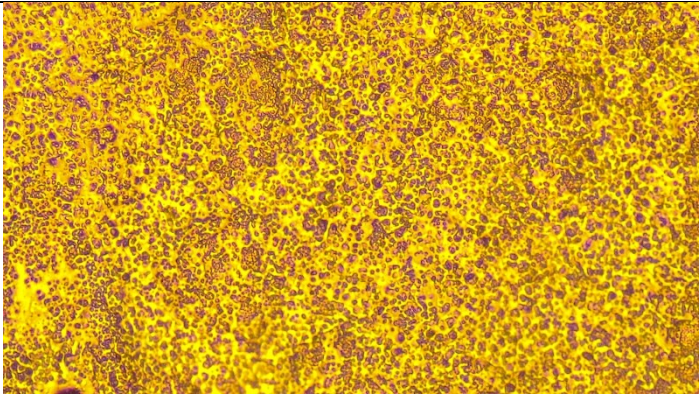
- **Jarak anoda-katoda berpengaruh terhadap kualitas pelapisan.** Jarak 60 mm terbukti memberikan hasil paling optimal, di mana semua spesimen yang diplating selama 45 menit hanya mengalami kehilangan berat sebesar 0,001–0,002 gram. Hal ini menunjukkan distribusi ion nikel yang lebih merata pada spesimen.
- **Kombinasi parameter terbaik diperoleh pada jarak anoda-katoda 60 mm dengan waktu plating 45 menit.** Kombinasi ini menghasilkan struktur mikro yang paling bersih dari korosi lokal dan kehilangan berat paling kecil, sehingga direkomendasikan sebagai parameter optimal.
- **Kombinasi terburuk terjadi pada jarak 80 mm dan waktu 15 menit.** Kombinasi ini menghasilkan kehilangan berat tertinggi (hingga 0,013 gram), serta permukaan spesimen menunjukkan bercak korosi yang meluas. Hal ini disebabkan karena ketebalan lapisan yang tidak merata dan terlalu tipis.

#### 4.4 Analisis Struktur Mikro Lapisan Nikel (Perbesaran 20x)

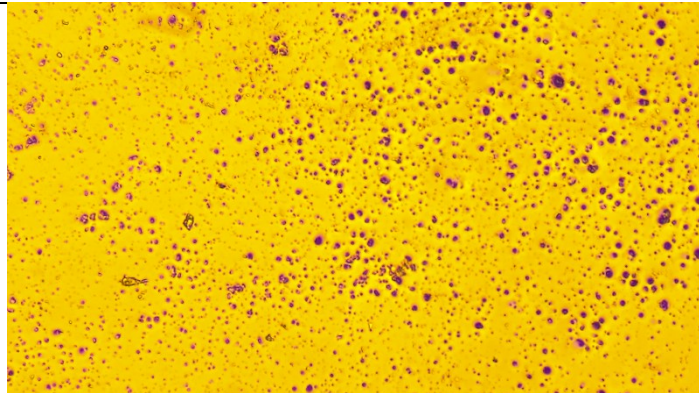
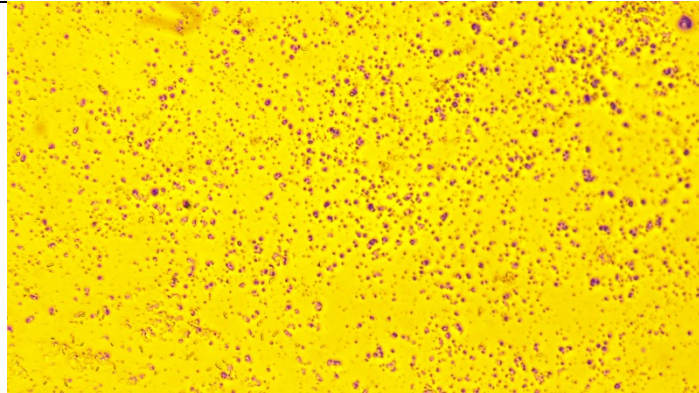
Analisis struktur mikro dilakukan untuk mengevaluasi hasil pelapisan nikel pada baja karbon rendah ST-37 berdasarkan variasi tegangan listrik (1 volt, 2 volt, dan 3 volt) serta waktu perendaman (10 menit, 20 menit, dan 30 menit). Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik terhadap permukaan spesimen pasca elektroplating dan setelah perendaman selama 15 hari dalam larutan air hujan (pH air hujan Surabaya pada bulan April 2025 yaitu sekitar  $\pm 5,72$ ).

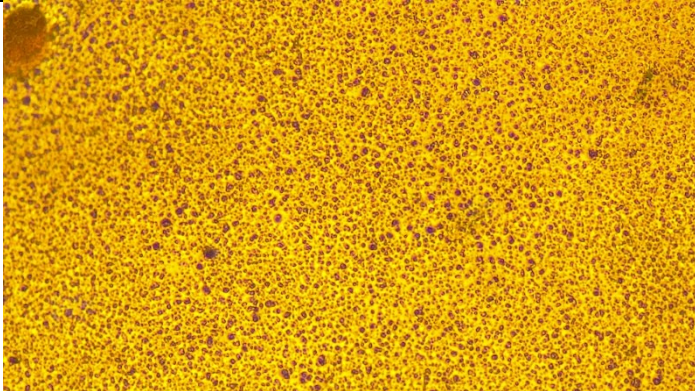
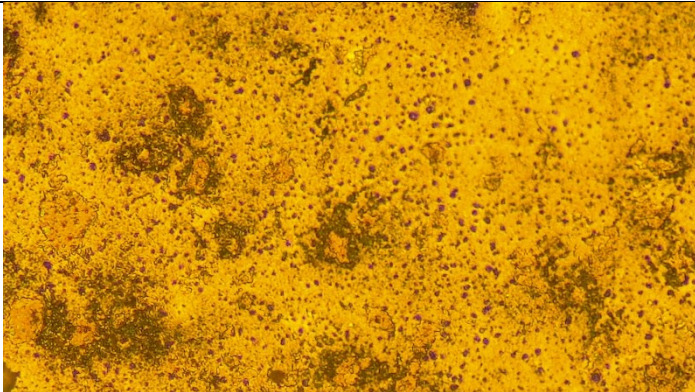
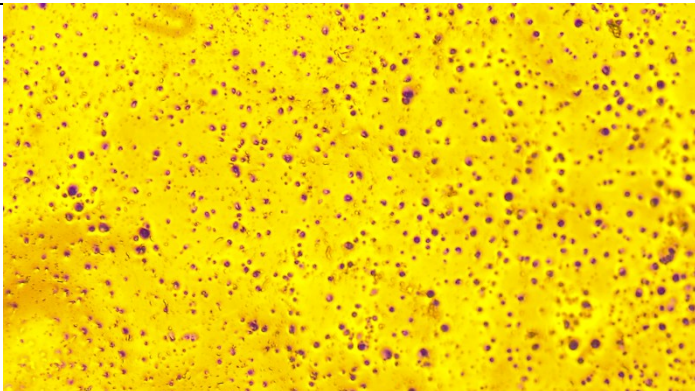
|                                                                                     |                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Spesimen Baja ST-37 tanpa pembersihan HCL                                                                                                                                           |
|                                                                                     | struktur homogen namun masih menunjukkan jejak goresan abrasif akibat proses preparasi ( <i>polishing</i> ), serta belum terlihat adanya nukleasi atau pertumbuhan kristal pelapis. |

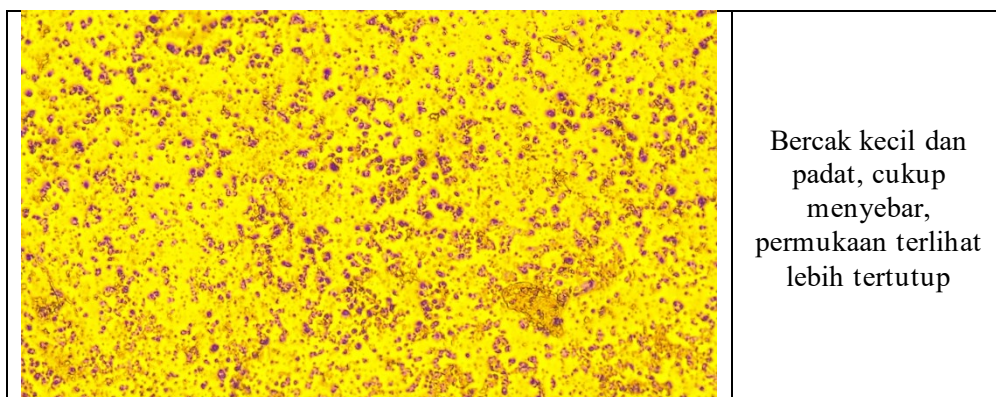
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Spesimen Baja ST-37 dengan pembersihan HCL                                                                                                                                                                             |
|                                                                                   | Permukaan terlihat lebih kasar dan berpori dengan banyak area tidak rata ( <i>non-uniform</i> ), yang merupakan hasil dari larutan asam klorida (HCl) menghilangkan lapisan oksida dan kontaminan dari permukaan baja. |

|                                                                                    |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|  | Spesimen Electroplating 40 mm 15 menit |
|                                                                                    | Bercak sangat rapat & menyebar         |

|                                                                                     |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|  | Spesimen Electroplating 40 mm 30 menit            |
|                                                                                     | Distribusi bercak mulai jarang, tapi masih merata |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>40 mm 45 menit</p> <p>Bercak lebih jarang<br/>dan tersebar acak</p>                                                          |
|   | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>60 mm 15 menit</p> <p>Bercak korosi<br/>(ungu/coklat) sangat<br/>padat dan menyatu,<br/>area permukaan<br/>tidak merata.</p> |
|  | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>60 mm 30 menit</p> <p>Bercak lebih kecil<br/>dan lebih jarang.<br/>Masih ada<br/>kerusakan tapi lebih<br/>tersebar</p>       |

|                                                                                     |                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>60 mm 45 menit</p> <p>Bercak sangat kecil dan homogen. Permukaan relatif halus &amp; tertutup rata</p>     |
|   | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>80 mm 15 menit</p> <p>Terlihat bercak-bercak besar dan gelap. Area korosi menyatu dan kasar</p>            |
|  | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>80 mm 30 menit</p> <p>Bercak korosi tampak kecil, merata, namun cukup banyak. Permukaan tampak berpori</p> |
|                                                                                     | <p>Spesimen<br/>Electroplating<br/>80 mm 45 menit</p>                                                                                         |



Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu proses electroplating terhadap ketahanan korosi baja karbon rendah ST-37 yang diuji melalui perendaman dalam air hujan selama 15 hari, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- **Waktu plating** berpengaruh signifikan terhadap ketebalan dan homogenitas lapisan nikel. Semakin lama waktu elektroplating, semakin tebal dan merata lapisan yang terbentuk, sehingga memberikan ketahanan korosi yang lebih baik. Hasil observasi struktur mikro menunjukkan bahwa waktu 45 menit memberikan lapisan yang lebih padat dan lebih sedikit menunjukkan bercak korosi.
- **Jarak anoda-katoda** juga mempengaruhi kualitas pelapisan. Jarak yang terlalu dekat (40 mm) dan sedang (60 mm) memberikan distribusi ion nikel yang lebih merata dibandingkan jarak jauh (80 mm), yang menunjukkan adanya kerusakan permukaan lebih parah akibat plating yang tidak homogen.
- Hasil optimal diperoleh pada **jarak 40 mm dan 60 mm** dengan waktu **plating selama 45 menit**, yang menunjukkan **tingkat kerusakan permukaan paling rendah** berdasarkan pengamatan mikroskop optik pada perbesaran 20x. Hal ini mengindikasikan lapisan nikel yang cukup tebal dan tahan terhadap media korosif asam lemah.
- Kombinasi **jarak 80 mm dan waktu 15 menit** menghasilkan **kerusakan paling tinggi** dengan permukaan yang kasar dan bercak korosi menyatu, menandakan plating tidak optimal. Jarak anoda yang terlalu jauh menyebabkan penurunan efisiensi pelapisan dan kualitas lapisan yang terbentuk.
- Hasil ini selaras dengan berbagai penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa **“ketebalan dan homogenitas lapisan nikel berbanding lurus dengan waktu plating dan efisiensi distribusi ion logam”**, sebagaimana dikaji dalam jurnal oleh R. Boukhouiete et al. (2021), *"Effect of Electrodeposition Parameters on Corrosion Resistance of Nickel Coatings"*,

*“Increased deposition time results in thicker, denser nickel coatings that better resist acidic environments such as acid rain”.*

- Hasil ini selaras dengan berbagai penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa **“Tegangan listrik dan waktu proses elektroplating berpengaruh terhadap ketahanan korosi suatu spesimen”**, sebagaimana dikaji dalam jurnal oleh Agus Sujatmiko, dkk (2021), *"PENGARUH TEGANGAN DAN WAKTU ELEKTROPLATING TEMBAGA DAN NIKEL TERHADAP LAJU KOROSI PADA BAJA KARBON RENDAH"*.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang mengacu pada rumusan masalah, dapat disimpulkan :

1. Waktu elektroplating berpengaruh signifikan terhadap ketebalan dan homogenitas lapisan nikel. Semakin lama waktu plating, semakin tebal dan rata lapisan yang terbentuk. Waktu plating 45 menit menghasilkan permukaan dengan struktur mikro yang lebih padat, sedikit pori, serta kehilangan berat paling kecil setelah uji korosi. Waktu proses elektroplating mempengaruhi kerataan permukaan lapisan nikel terhadap spesimen, karena semakin lama waktu proses elektroplating lapisan nikel akan semakin merata dan mengkilap.
2. Jarak anoda-katoda memengaruhi distribusi ion nikel selama proses elektroplating. Jarak 60 mm memberikan hasil paling merata secara visual dan struktur mikro, dengan sedikit cacat dan tidak terlihat retakan atau bercak korosi yang signifikan. Sebaliknya, jarak 80 mm menyebabkan pelapisan tidak merata, ditunjukkan oleh adanya retakan, pori besar, dan bercak korosi menyatu pada gambar struktur mikro.
3. Kombinasi terbaik diperoleh pada jarak 60 mm dan waktu 45 menit, yang menghasilkan struktur mikro paling padat dan homogen. Permukaan spesimen terlihat halus dan tidak menunjukkan tanda-tanda korosi lokal, serta kehilangan berat sangat rendah sekitar 0,001-0,002 gram. Kombinasi terburuk terjadi pada jarak 80 mm dan waktu 15 menit. Hasil pengamatan mikroskop menunjukkan permukaan kasar, tidak rata, serta adanya retakan dan bercak korosi yang menyatu, dengan kehilangan berat tertinggi hingga 0,008 gram.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Menggunakan pengujian SEM karena data yang diperoleh lebih baik.
2. Pengujian Ketahanan Korosi Lebih Lanjut Untuk memperoleh data ketahanan korosi yang lebih komprehensif, penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode uji korosi tambahan seperti uji kabut garam (salt spray test) atau uji potensiodinamik.
3. Menstabilkan arus saat proses elektroplating, agar distribusi pelapisan merata ke setiap bagian spesimen.

***(Halaman Sengaja Dikosongkan)***

## DAFTAR PUSTAKA

- Arya Mahendra Sakti, S. M. (2017). Analisis Perbedaan Laju Korosi Material Jari - Jari Sepeda Motor (spokes) pada Berbagai Media Air yang Berkonsentrasi Asam di Daerah Perindustrian. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin UNESA*, 52-57.
- Syamsa, M. (2007). Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan . *Jurnal Keilmuan dan Terapa Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*, 25-30.
- Utomo, B. (2009). Jenis Korosi dan Penanggulangannya. *Kapal Undip EJournal System*, 138-141.
- Yuli Yetri, d. (2021). Analisa Kekerasan dan Ketebalan Permukaan Lapisan Hasil Elektroplating Kuningan pada Baja. *Jurnal Sains Terapan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang*, 43-48.
- Azmi, F. H. (2023). Analisa pengaruh jarak anoda dan katoda terhadap kualitas produk pada proses nikel elektroplating. *Prosiding Konferensi Nasional Sains dan Teknologi Terapan (KONSEP)*, 6(1), (hal. 45–50).
- Effendi, N. ((2009)). Pengaruh variasi rapat arus terhadap ketebalan lapisan elektroplating seng pada baja karbon rendah. *Traksi: Jurnal Teknik Mesin*, 18–24.
- Effendi, N. (2009). Pengaruh variasi rapat arus terhadap ketebalan lapisan elektroplating seng pada baja karbon rendah. *raksi: Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 18–24.
- Jamaludin, I. (2019). Karakteristik nikel dan aplikasinya dalam teknik pelapisan. *Surabaya: Teknik Mesin ITS Press*.
- Napitupulu, A. (2017). Korosi dan Perlindungan Permukaan Logam. . *Jurnal Teknik Mesin Unjani* 5(1), 23–30.
- Napitupulu, A. (2020). Prinsip dan aplikasi elektroplating pada logam teknik. *Jakarta: Penerbit Teknik Industri*.
- Nugroho, A. (2020). Pengaruh proses elektroplating terhadap ketahanan korosi dan penampilan permukaan baja dengan pelapisan perak. *Jurnal Sains dan Rekayasa Material*, 4(1), 35–41.

- Rozak, A. ((2017)). Pengaruh variasi waktu dan tegangan terhadap ketebalan lapisan nikel pada baja ST-37. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2), 45–50.
- Sugiyarta, W. (2012). Proses pelapisan nikel secara elektrolitik. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 90–97.
- Wibowo, D. N. (2020). Pengaruh pelapisan krom terhadap kekuatan permukaan baja karbon rendah. *Jurnal Metalurgi*, 15(3), 112–118.

## LAMPIRAN

Proses persiapan spesimen



Proses perendaman spesimen pada rendaman HCL



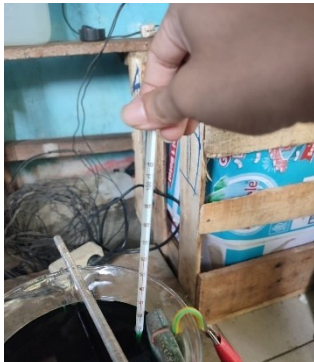
Proses penggosokan spesimen



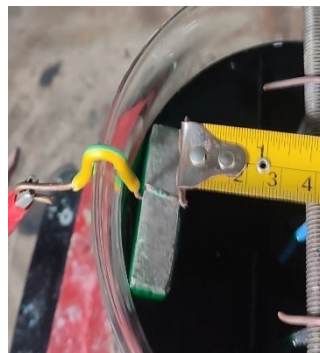
Proses Persiapan Alat Electroplating



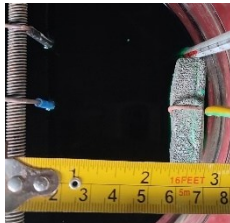
Proses Pemanasan larutan 60°C



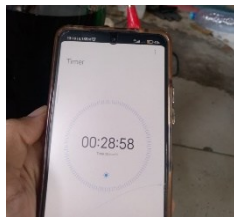
Variasi jarak 40 mm



Variasi 60 mm



Dokumentasi Waktu Plating



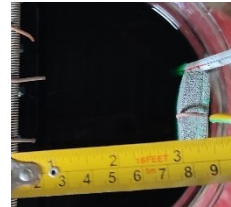
Perendaman pada Aquades setelah plating



Perendaman Air Hujan pH (5,72)



Variasi 80 mm



Proses Electroplating



Proses Penimbangan spesimen setelah plating



Setelah perendaman 15 hari



Penimbangan setelah rendaman 15 hari



Pengamatan Struktur Mikro permukaan spesimen

