

# Pengaruh Ketebalan Elektroplating Menggunakan Nikel dan Krom pada Aluminium Alloy 2024 terhadap Laju Korosi

Jamaludin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Penerbangan Surabaya  
Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236  
Email: jamal\_reog99@ymail.com

## ABSTRAK

Elektroplating atau proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara elektrolisa, bertujuan untuk melindungi logam yang mudah rusak atau korosi dengan logam yang lebih tahan karat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi dari aluminium alloy 2024 yang sudah di elektroplating dengan metode polarisasi linear. Korosi pada struktur pesawat terbang adalah sesuatu hal yang tidak boleh diabaikan, karena bisa menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kecelakaan pesawat terbang. *Aluminium Alloy 2024* merupakan salah satu jenis paduan logam yang paling sering dipilih sebagai bahan untuk membuat struktur pesawat terbang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh sampel mengalami korosi tetapi laju korosinya yang berbeda-beda. Laju korosi yang terjadi pada sampel asli mengalami serangan korosi yang paling besar karena tidak memiliki bahan pelapis sebagai pelindung. Sampel yang memiliki bahan pelapis juga pada dasarnya mengalami serangan korosi tetapi dapat dilihat bahwa sampel dengan bahan pelapis lebih tebal dapat menghambat laju korosi yang terjadi.

**Kata kunci:** *aluminium alloy 2024*, laju korosi, elektroplating

## PENDAHULUAN

Korosi didefinisikan sebagai proses perusakan pada permukaan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia dengan lingkungannya. Korosi merupakan reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung spontan. Korosi dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada struktur pesawat yang dapat mengakibatkan kecelakaan pesawat terbang. Korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali tetapi lajunya dapat diperlambat. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi cepat lambatnya peristiwa korosi diantaranya adalah kelembaban udara, kandungan oksigen di udara, keberadaan air, ketersediaan ion H<sup>+</sup> yang dapat berasal dari asam, dan juga keberadaan garam. Ada berbagai cara guna mengurangi laju korosi, yaitu dengan cara pelapisan dan membuat *alloy* atau paduan logam yang bersifat tahan karat.

*Aluminium alloy 2024* merupakan salah satu jenis paduan logam yang paling sering dipilih produsen pesawat terbang sebagai bahan untuk membuat struktur pesawat terbang. Karena sifat mekanisnya yang memiliki kekuatan yang tinggi untuk rasio berat cocok di aplikasikan di pesawat terbang. *Aluminium alloy 2024* memiliki ketahanan terhadap korosi yang rendah. Oleh karena itu produsen pesawat terbang melapisi *aluminium alloy 2024* dengan sedikit lapisan *aluminium* murni yang memiliki sifat sangat tahan terhadap korosi pada permukannya dengan ketebalan lapisan 30-50  $\mu\text{m}$  (Mondolfo, L.F: 1979). Tetapi *aluminium* murni ini memiliki *wear resistance* yang rendah dan permukaan yang sangat tipis.

Firman dkk, melakukan eksperimen dengan memvariasikan waktu celup 4, 6, dan 8 detik terhadap tebal lapisan dan kekerasan tembaga pada pelat baja karbon sedang dengan proses elektroplating. Setelah jadi material diuji tingkat ketebalan lapisan kedua logam tersebut dengan alat uji foto mikro, coating gauge dan surface roughness tester. Hasil dari pengujian ketebalan lapisan diperoleh nilai rata-rata ketebalan lapisan dengan variasi waktu 4 detik sebesar 0.622  $\mu\text{m}$ , 6 detik sebesar 0.718  $\mu\text{m}$ , 8 detik sebesar 0.755  $\mu\text{m}$ . Sedangkan dari

hasil pengujian kekasaran dengan variasi waktu 4 detik sebesar 0.1100  $\mu\text{m}$ , 6 detik sebesar 0.2527  $\mu\text{m}$ , 8 detik sebesar 0.2808  $\mu\text{m}$ .

Gong *et al* (2002) melakukan pelapisan Mn pada *stainless steel* 304 yang menggunakan larutan elektrolit berupa 0.59 M  $\text{MnSO}_4$  dan 1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dengan variabel rapat arus 30-330 mA/cm<sup>2</sup> dan pH larutan saat proses elektroplating pada rentang 1.7-7.5 serta variabel waktu pada saat pengujian korosi, pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan potensiostat. Hasilnya menunjukkan rapat arus yang efisien digunakan yaitu sekitar 65 mA/cm<sup>2</sup>, sedangkan pH yang efisien adalah berkisar pada rentang 2-7, serta ketahanan korosi yang baik pada larutan NaCl 2.5% dan pH 3.

Boshkov (2003) melakukan penelitian mengenai pelapisan baja dengan menggunakan Zn-Mn. Larutan yang digunakan berupa 10 g/l  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 100 g/l  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , serta 60 g/l  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dengan rentang pH berkisar 4.5-5.0 serta ukuran baja 2 cm<sup>2</sup>, dengan diberikan 3 perlakuan yaitu Zn murni, Zn-Mn 6% dan Zn-Mn 11%. Selain itu pada pelapisan baja ini ditambahkan lagi larutan aditif berupa *polyethyleneglycol* dan *benzoic acid* serta *benzalacetone* lalu diberi pula pelapisan krom untuk membuat hasil yang lebih berkilau. Hasil uji korosinya menunjukkan bahwa dengan kadar Zn-Mn 11 % memberikan perlindungan terhadap laju korosi yang lebih baik dibandingkan dengan kadar Zn-Mn 6% dan hanya Zn murni.

Logam nikel dan krom merupakan salah satu logam yang dapat memberikan proteksi korosi yang sangat baik dan juga sebagai anti aus (*wear resistant*). Pelapisan menggunakan logam nikel dan krom dapat menghambat laju korosi pada logam serta meningkatkan kekerasan, tegangan tarik dan *elastic limit*

Ada beberapa metode pelapisan logam dengan menambahkan logam lain antara lain yaitu *electroplating*, *spray metal coating*, *anodizing*, dan *cladding*. *electroplating* memberikan lapisan permukaan yang sangat merata dengan kualitas yang tinggi, karena kontrol yang teliti dapat dilakukan pada semua tingkat. Dan tidak ada perlakuan panas pada material yang akan dilapisi sehingga tidak ada resiko kerusakan sifat mekanik material tersebut.

Berdasarkan masalah tersebut penulis tertarik untuk mencoba pelapisan dengan metode lain. Pencegahan korosi pada logam dengan metode pelapisan, juga dapat dilakukan cara pelapisan logam menggunakan logam lain yang tahan karat dan menambah sifat mekanis dari logam tersebut.

## **BAHAN DAN METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini menggunakan plat *aluminium alloy* 2024 terbuat dari material logam ringan dan kuat berbentuk lembaran yang mudah dalam pengerjaannya. Plat ini memiliki sifat yang tahan terhadap segala cuaca serta tidak mudah terbakar sehingga sangat cocok digunakan di daerah tropis. Plat ini akan dipotong selebar 50 x 50 mm untuk mempermudah dalam penghitungan laju korosi

Bahan yang digunakan dalam proses *electroplating aluminium alloy* 2024 dengan pelapisan nikel dan krom antara lain:

- a. Larutan krom
- b. Larutan nikel
- c. Larutan asam klorida
- d. *Aluminium alloy* 2024

### **Chromium**

Logam krom memiliki nilai tinggi dalam ketahanan terhadap korosi. Sifat krom yang menonjol adalah mudah teroksidasi dengan udara membentuk lapisan krom oksida pada permukaan. Lapisan ini bersifat kaku, tahan korosi, tidak berubah warna terhadap pengaruh

cuaca, tetapi larut dalam asam klorida dan tidak larut dalam asam nitrat. Karakteristik logam krom:

Lambang : Cr  
Density : 7,2 g/cm<sup>3</sup>  
elektron valensi : 1  
Massa atom : 65.37 gr/mol

### **Nickel**

Merupakan salah satu logam penting untuk menanggulangi korosi. Nikel tahan terhadap banyak zat korosif. Sebagian besar masalah korosi yang rentan dan solusinya dapat ditangani dengan nikel. Pada kenyataannya, ketahanan korosi pada suatu paduan *natrium hidroksida* bergantung proporsional terhadap kandungan nikel pada paduan tersebut. Secara keseluruhan, nikel memperlihatkan ketangguhannya dalam ketahanan terhadap korosi baik terhadap larutan netral dan sedikit asam. Senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis serta dalam *electroplating*. Pada proses plating, walau kebanyakan nikel dari anodanya, tetap perlu terus ditambahkan larutannya ke bak plating. Garam-garam untuk plating itu misalnya nikel karbonat, nikel klorida, nikel fluoborat, nikel sulfamat, nikel sulfat. Berikut merupakan beberapa karakteristik dari logam nikel:

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

### **Aluminium alloy 2024**

*Aluminium alloy 2024* merupakan *aluminium* paduan mangan dan tembaga (paduan *Al-Cu-Mg*). *Magnesium* dalam *aluminium alloy 2024* meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari paduan tersebut, dan tidak terlalu berpengaruh pada ketahanan korosi dari material.

Paduan *aluminium* dengan *Copper* dalam paduan ini seharusnya mendapat nilai resistansi terhadap kontak korosi yang maksimal. Paduan ini memiliki ketahanan terhadap beban berulang yang bagus, terutama dalam bentuk yang tebal. *Aluminium alloy 2024* juga banyak diaplikasikan untuk material struktural kedirgantaraan. *Aluminium alloy 2024* banyak digunakan di bagian struktur pesawat. Produk *Aluminium alloy 2024* yang memiliki ketebalan yang tipis biasa digunakan untuk *skin* badan pesawat, *skin* pada *wing* dan di bagian mesin dimana suhu tinggi mencapai 250<sup>0</sup> F. Semua *aluminium* seri 2xxx rentan terhadap korosi atmosferik. Paduan ini harus dilindungi setidaknya pada permukaannya.

### **Korosi**

Korosi merupakan sebuah proses degradasi material akibat interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Pada umumnya reaksi tersebut berupa reaksi elektrokimia yang menimbulkan reaksi korosi (Trethewey *et al*, 1991). Menurut Jones 1992, korosi didefinisikan sebagai proses degradasi material secara kualitas maupun kuantitas karena peristiwa reaksi kimia dan elektrokimia dengan lingkungannya. Lingkungannya berupa lingkungan atmosfer, gas, tanah, larutan garam, larutan asam dan lainnya (Roberge, 1999). Korosi merupakan peristiwa alamiah yang terjadi pada suatu bahan dan proses kembalinya bahan ke kondisi semula saat bahan ditemukan dan diolah dari alam (Supriyanto, 2007).

### **Elektroplating**

Elektroplating adalah suatu proses pengendapan suatu logam pelindung yang dikehendaki diatas logam lain dengan cara elektrolisa. Biasanya elektrolisa dilakukan dalam suatu bejana yang disebut sel elektrolisa yang berisi larutan elektrolit atau rendaman (*bath*).

Pada rendaman ini tercelup paling tidak dua elektroda. Masing-masing elektroda dihubungkan dengan arus listrik, terbagi menjadi kutub positif dan negatif dikenal dengan kutub katoda dan anoda. Komponen-komponen yang berperan penting dalam suatu proses elektroplating adalah larutan elektrolit (sumber pelapis), anoda, katoda (bahan uji), dan sirkuit luar. Mengalirnya arus searah melalui suatu larutan berkaitan dengan gerak partikel bermuatan (ion). Ujung-ujung keluar masuknya arus dari/ke larutan disebut elektroda. Seperti diketahui, pada bagian anoda reaksi yang terjadi adalah reaksi kimia sedangkan pada katoda reaksinya adalah reaksi reduksi. Pergerakan dari ion-ion larutan yang ada menyebabkan terjadinya kedua macam reaksi pada sistem elektrolisa tersebut. Ion yang bergerak migrasi ke anoda disebut anion, sedangkan yang bergerak ke katoda disebut kation. Jika arus listrik dialirkan ke dalam larutan elektrolit (larutan pelapis) akan terjadi aliran ion-ion dalam larutan. Ion positif bermigrasi ke arah elektroda negatif (katoda) dan ion negatif bermigrasi ke arah elektroda positif (anoda), bersamaan dengan ini terjadi proses pemindahan muatan pada kedua elektroda. Migrasi dari ion-ion tersebut menimbulkan reaksi reduksi (katoda/benda kerja) dan reaksi kimia (anoda). Tujuan dari elektroplating sendiri selain untuk mempertinggi nilai dekoratif juga berfungsi sebagai proteksi terhadap korosi dan untuk menghasilkan benda atau logam yang mempunyai karakteristik fisik dan mekanik tertentu.

Pada elektroplating yang lebih diperlukan bukan mencari berat total logam yang terdposisi pada katoda, melainkan tebal dan distribusi endapan katoda. Arus listrik merupakan variabel penting dari elektroplating yang menentukan karakter lapisan, distribusinya, efisiensi arus dan sebagainya. Densitas arus dinyatakan dalam ampere per satuan luas ( $A/m^2$ ,  $A/dm^2$ ,  $A/cm^2$ ). Arus listrik yang diperbolehkan dalam proses elektroplating yaitu sebesar 20 mA sampai dengan 4000 mA.

**Tabel 1.** Voltase elektroplating

| Proses<br><i>electroplating</i> | Volt    |
|---------------------------------|---------|
| Nickel                          | 1.5 – 6 |
| Decorative Chrome               | 3 – 12  |
| Pure Alumunium                  | 1 – 4   |

Michael Faraday menetapkan hubungan antara kelistrikan dan ilmu kimia pada reaksi elektrokimia. Hukum *Faraday* menetapkan bahwa:

1. Masa zat yang dipindahkan pada elektroda sama dengan jumlah arus listrik yang mengalir.
2. Jumlah zat yang dipindahkan pada elektroda yang dibebaskan oleh sejumlah listrik tertentu sebanding dengan ekivalen kimianya.

Dapat dirumuskan dengan persamaan matematisnya sebagai berikut:

$$w = \frac{M_a \cdot i \cdot t}{nF} \quad (1)$$

dengan :

w = berat logam yang diendapkan (gr)

$M_a$  = massa atom (gr/mol)

i = Arus listrik (amp)

t = Waktu (sec.)

n = *electron* valensi

F = bilangan Faraday (96.500 Coulomb)

Berikut merupakan persamaan untuk menentukan ketebalan hasil pelapisan elektroplating:

$$T = \frac{w}{A \times \rho} \quad (2)$$

dengan:

- T = Ketebalan (cm)
- w = Berat yang terdeposit (gr)
- A = Luas Area (cm<sup>2</sup>)
- ρ = *Density* jenis pelapis (g/cm<sup>3</sup>)

Pelapisan nikel dan krom dengan tebal 40 mm dan 50 mm pada *aluminium alloy 2024* yang berukuran 50 x 50 mm dengan cara elektroplating menggunakan arus sebesar 3A dengan persamaan Faraday dan Lowenheim didapatkan hasil antara lain:

| Elektroplating       | Waktu (menit) |       |
|----------------------|---------------|-------|
|                      | 40 mm         | 50 mm |
| Elektroplating nikel | 16.25         | 29.25 |
| Elektroplating krom  | 5.91          | 10.64 |

Setelah dilakukan pembuatan sampel penulis melakukan uji polarisasi linear guna untuk mencari parameter- parameter yang diperlukan untuk menghitung laju korosi yang terjadi.

### Metode Polarisasi

Metode ini mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi. Metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju korosi tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu lainnya berbeda.). Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian laju korosi dilakukan pada ketiga jenis sampel sesuai dengan American Society for Testing and Materials (ASTM) G59 – 97 yaitu standar untuk melakukan pengukuran resistensi polarisasi potensiodinamik. Proses pengujian ini menggunakan elektroda Ag / AgCl dan membutuhkan waktu 3600 detik sebagai standar waktu pengujiannya. Selama 1 jam polarisasi sampel terhadap air laut akan diukur yang nantinya dihasilkan parameter yang akan digunakan untuk menghitung laju korosi sampel menggunakan alat *potensiostat* dengan menggunakan metode polarisasi linier dengan rumus:

$$CR = K \frac{I_{corr} \times EW}{\rho} \quad (3)$$

dengan:

- CR = Laju Korosi (mmpy)
- 1 mmpy = 0.0254 mpy
- $I_{corr}$  = Arus korosi (mA/cm<sup>2</sup>)

- EW = Berat ekuivalen elektroda  
 $\rho$  = Massa jenis sampel (gr/cm<sup>3</sup>)  
 K =  $3.27 \times 10^{-3}$  (mm.gr/A.cm.yr)

Dari hasil pengujian diperoleh beberapa parameter yang digunakan untuk menghitung laju korosi sebagai berikut:

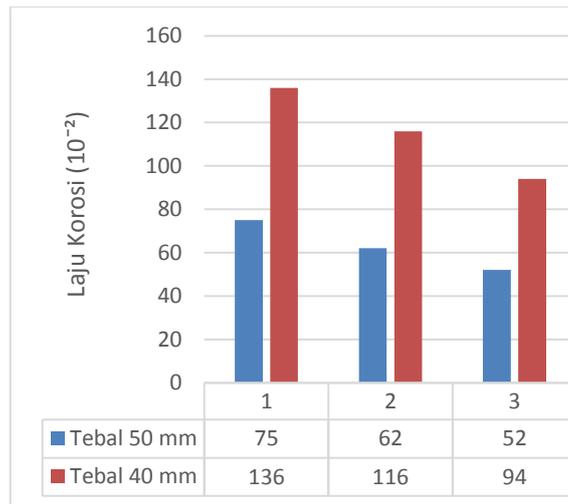
**Tabel 2.** Parameter hasil laju korosi dengan ketebalan elektroplating 40 mm

| Sampel             | Arus korosi/<br>$I_{corr}$              | Berat ekuivalen | Density                | Laju korosi (mpy) |
|--------------------|---|-----------------|------------------------|-------------------|
| Al 2024 murni      | $5.17 \times 10^{-6}$ A/cm <sup>2</sup> | 18.36           | 3.2 gr/cm <sup>3</sup> | 1.36              |
| Al + nikel plating | $2.45 \times 10^{-6}$ A/cm <sup>2</sup> | 18.36           | 3.2 gr/cm <sup>3</sup> | 1.16              |
| Al + krom plating  | $3.56 \times 10^{-6}$ A/cm <sup>2</sup> | 18.36           | 3.2 gr/cm <sup>3</sup> | 0.94              |

**Tabel 3.** Parameter hasil laju korosi dengan ketebalan elektroplating 50 mm

| Sampel             | Arus korosi/<br>$I_{corr}$              | Berat ekuivalen | Density                | Laju korosi (mpy) |
|--------------------|---|-----------------|------------------------|-------------------|
| Al 2024 murni      | $2.87 \times 10^{-6}$ A/cm <sup>2</sup> | 10.12           | 3.2 gr/cm <sup>3</sup> | 0.75              |
| Al + nikel plating | $1.36 \times 10^{-6}$ A/cm <sup>2</sup> | 10.12           | 3.2 gr/cm <sup>3</sup> | 0.62              |
| Al + krom plating  | $1.98 \times 10^{-6}$ A/cm <sup>2</sup> | 10.12           | 3.2 gr/cm <sup>3</sup> | 0.52              |

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alumunium</li> <li>2. Nikel</li> <li>3. Krom</li> </ol> |
|---|



**Gambar 1.** Hubungan laju korosi terhadap ketebalan elektroplating

Hasil pengujian laju korosi yang ditunjukkan pada grafik diatas menunjukkan bahwa seluruh sampel yang telah dilapisi dan yang tidak dilapisi (asli) dikorosikan dengan variable yang sama dan hasilnya menunjukkan bahwa seluruh sampel mengalami korosi namun dengan laju korosi yang berbeda-beda. Berdasarkan pengamatan laju korosi dapat dilihat bahwa sampel asli mengalami serangan korosi yang paling besar karena tidak memiliki bahan pelapis sebagai pelindung. Sampel yang memiliki bahan pelapis juga pada dasarnya mengalami serangan korosi tetapi dapat dilihat bahwa sampel dengan bahan pelapis lebih tebal dapat menghambat laju korosi yang terjadi.

## KESIMPULAN

Setelah melakukan penambahan elektroplating nikel dan krom pada aluminium alloy 2024 dan percobaan laju korosi dengan metode polarisasi linear, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pelapisan menggunakan nikel dengan tebal 40 mm pada *aluminium alloy* 2024 yang berukuran 50 x 50 mm dengan cara elektroplating dibutuhkan waktu selama 16.25 menit sedangkan untuk mendapatkan hasil pelapisan krom dengan tebal dan ukuran yg sama pada *aluminium alloy* 2024 dibutuhkan waktu 5.91 menit.
2. Pelapisan menggunakan nikel dengan tebal 50 mm pada *aluminium alloy* 2024 yang berukuran 50 x 50 mm dengan cara elektroplating dibutuhkan waktu selama 29.25 menit sedangkan untuk mendapatkan hasil pelapisan krom dengan tebal dan ukuran yg sama pada *aluminium alloy* 2024 dibutuhkan waktu 10.64 menit.
3. Pada ketebalan electroplating 50 mm laju korosi pada *aluminium alloy* 2024 dengan penambahan logam krom memiliki tingkat laju korosi yang lebih lambat sebesar 0.52 mpy. Sedangkan *aluminium alloy* 2024 dengan penambahan nikel laju korosinya lebih lambat sebesar 0.62 mpy dibandingkan dengan *aluminium alloy* 2024 tanpa pelapisan logam apapun laju korosinya sebesar 0.75 mpy.
4. Pada ketebalan electroplating 40 mm laju korosi pada *aluminium alloy* 2024 dengan penambahan logam krom memiliki tingkat laju korosi yang lebih lambat sebesar 0.94 mpy. Sedangkan *aluminium alloy* 2024 dengan penambahan nikel laju korosinya lebih lambat sebesar 1.16 mpy dibandingkan dengan *aluminium alloy* 2024 tanpa pelapisan logam apapun laju korosinya sebesar 1.36 mpy.
5. Material lapisan elektroplating yang paling lambat laju korosinya adalah krom dan semakin tebal lapisan elektroplating juga dapat memperlambat laju korosi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mondolfo, L.F. 1979. *Aluminium Alloys: Structure and Properties*. London : butterworths
- J.Hartomo, anton. 1995. *Mengenal Pelapisan Logam*. Yogyakarta : Andi Offset
- Varghese, C.D. 1993. *Electroplating And Other Surface Treatment*. New Delhi : Tata McGraw-Hill
- R.Winston, Revie. 2008. *Corrosion And Control*. New Jersey
- Mordechay, Schlesinger. 2010. *Modern Electroplating Fifth Edition*. Canada
- Saefulloh Iman, dkk. 2017. Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating Dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Penambahan Tebal Baja Karbon Rendah ST 41
- Firman, R. S. 2014. Pengaruh Variasi Waktu Celup 4, 6 dan 8 Detik Terhadap Tebal Lapisan dan Kekerasan Tembaga Pada Pelat Baja Karbon Sedang Dengan Proses Elektroplating
- Malau Fiktor, dkk. 2011. Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Larutan NaCl Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Dari Lapisan Nikel Elektroplating Pada Permukaan Baja Karbon Sedang
- Boshkov, N. 2003. Galvanic Zn-Mn Alloys Electrodeposition, Phase Composition, Corrosion Behaviour and Protective Ability. *Journal Surface and Coatings Technology*. Vol 172. pp 217-226.
- Gong, Jie., Zangari, Giovanni. 2002. Electrodeposition and Characterization of Manganese Coating. *Journal of Electrochemical Society*. Vol 149. pp 209-217.
- Roberge, P. 1999. *Handbook of Corrosion Engineering*. M. Graw-Hill Book Company. Singapore.
- Supriyanto. 2007. *Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl 2% dan 3,5% Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Trethewey, K. R. and Chamberlain, J. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Caswell Inc. 2002. *The Complete Plating Manual*. India.