



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 184834

# PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN WAKTU PROSES ELEKTROPLATING KUNINGAN PADA BAJA KARBON RENDAH TERHADAP DAYA LEKAT, KETEBALAN, DAN KEKILAUAN HASIL PELAPISAN

ABIM SEBASTYANTITO  
NRP. 0251154000061

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA  
Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**TUGAS AKHIR - TL 184834**

**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN  
WAKTU PROSES ELEKTROPLATING KUNINGAN  
PADA BAJA KARBON TERHADAP DAYA  
LEKAT, KETEBALAN, DAN KEKILAUAN HASIL  
PELAPISAN**

**ABIM SEBASTYANTITO  
NRP. 0251154000061**

**Dosen Pembimbing:  
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA  
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL 184834**

# **THE EFFECT OF TEMPERATURE AND TIME VARIATION OF BRASS ELECTROPLATING ON STEEL CARBON OF ADHESION STRENGTH, THICKNESS, AND GLOSSYNESS**

**ABIM SEBASTYANTITO**  
**NRP 0251144000061**

**Advisors**  
**Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA.**  
**Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMENT OF MATERIAL ENGINEERING**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2019**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN  
WAKTU PROSES ELEKTROPLATING KUNINGAN  
PADA BAJA KARBON TERHADAP DAYA LEKAT,  
KETEBALAN, DAN KEKILAUAN HASIL PELAPISAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Metalurgi Manufaktur  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

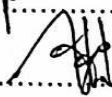
Oleh:

**ABIM SEBASTYANTITO**

NRP 0251154000061

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA ..........(Pembimbing 1)

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng..........(Pembimbing 2)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN WAKTU  
PROSES ELEKTROPLATING KUNINGAN PADA BAJA  
KARBON TERHADAP DAYA LEKAT, KETEBALAN,  
DAN KEKILAUAN HASIL PELAPISAN**

**Nama** : Abim Sebastyantito  
**NRP** : 02511540000061  
**Departemen** : Teknik Material  
**Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA  
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

**Abstrak**

*Penggunaan elektroplating untuk perawatan permukaan telah menarik banyak perhatian untuk dikembangkan karena memiliki keuntungan ketahanan korosi yang baik dan nilai dekoratif atau estetika yang baik. Elektroplating merupakan proses untuk melapisi permukaan logam dengan menggunakan logam lain dengan cara mengaliri arus listrik melalui anoda menuju spesimen atau logam lain yang berfungsi sebagai katoda yang berlangsung didalam larutan elektrolit. Pada penelitian ini dibahas pengaruh suhu elektrolit dan waktu proses pelapisan kuningan pada substrat berupa baja karbon dengan variabel temperatur 30°C, 40°C, 50°C, dengan variabel waktu 12.5 detik, 25 detik, 50 detik terhadap ketebalan, daya lekat, dan kekilauan terhadap hasil elektroplating kuningan. Pada analisis ini, Dry Film Thickness dan SEM/EDX Cross-Section digunakan untuk mengetahui persebaran unsur dan ketebalan lapisan dengan hasil tertinggi ialah 7.11 µm pada variabel temperatur 50°C dengan waktu 50 detik. Dan hasil menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses dan semakin tinggi temperature elektrolit dapat meningkatkan ketebalan. Pull-Off Test digunakan untuk mengetahui tingkat daya lekat lapisan dengan hasil tertinggi 6.14 MPa yang terjadi pada variabel temperatur 30°C dan waktu 12.5 detik, hasil ini menunjukkan semakin tinggi temperatur dan waktu proses menurunkan daya lekat lapisan serta pengujian. Glossy Test digunakan untuk*

*mengetahui kekilauan dari lapisan dengan hasil tertinggi 534.5 Gu pada variabel temperature 30°C dan waktu 12.5 detik, Hasil ini menunjukkan semakin tinggi temperatur dan waktu proses dapat menurunkan kekilauan lapisan.*

***Kata Kunci: Coating, daya lekat, elektroplating, kekilauan, kuningan, temperatur, waktu, ketebalan***

**THE EFFECT OF ELECTROLYTE TEMPERATURE AND  
TIME OF BRASS ELECTROPLATING PROCESS  
CARBON STEEL AGAINST ADHESION, THICKNESS,  
AND GLOSS OF COATING RESULTS**

**Name** : Abim Sebastyantito  
**NRP** : 0251154000027  
**Department** : Material Engineering  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA  
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

**Abstract**

*The usage of electroplating as for surface treatment has attracted much attention to be developed because it has advantages good corrosion resistance and good decorative or aesthetic values. Electroplating is the process of coating metal surface using other metals by flowing electric current through the anode to a specimen as a cathode that takes place in an electrolyte solution. In this study, discussed the influence of electrolyte temperature and brass coating process time on carbon steel substrate with variable 30°C, 40°C, 50°C, and a variable time of 12.5 second, 25 second, 50 second to thickness, adhesion, and glossiness to the result of brass electroplating. In this analyze, Dry Film Thickness and SEM / EDX Cross-Section to find out the coating thickness and distribution of elements coating. The result showed the highest is 7.11 μm which occurs at a temperature variable 50°C with a time 50 second And this result showed that the longer the processing time and higher temperature increase the thickness of coating. Pull - of Test is used for the purpose of analyzed the adhesion strength of the coating, the result showed highest of the specimen is 6.14 MPa at 30 °C and 12.5 second and this result showed the higher temperature and longer processing can reduce it adhesion strength. Glossy Test is used to analyzed the glossiness of the coating with the result showed highest of 534.5 Gu at 30°C and 12.5 seconds, and this result showed the higher temperature and longer processing time*

*reduced the glossiness of the layer.*

***Keywords: Adhesion, brass, coating, electroplating, glossy, temperature, thickness, time***

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Dengan mengucap puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas ridho dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ***“Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Waktu Proses Elektroplating Kuningan pada Baja Karbon Rendah Terhadap Daya Lekat, Ketebalan, dan Kekilauan Hasil Pelapisan”*** Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di departemen Teknik Material FTI-ITS.

Terima Kasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang telah memberikan batuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini:

1. Allah SWT berkat pertolongan dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA dan Bapak Agung Purniawan ST, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang selalu mendukung mahasiswa untuk menuntut ilmu dengan memberikan pengajaran dan fasilitas terbaik
4. Pak Askan, Mas Rio, dan Pak Adi dari UD Tekhnikal Utama yang telah mengizinkan dan membantu penulis melakukan penelitian tugas akhir
5. Pak Larasanto, Pak Dedi dari CV Cipta Agung dan PT. INKA yang telah membantu penulis dalam penelitian tugas akhir ini.

Masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua.

Surabaya, Juli 2019

Abim Sebastyantito

*(Halaman ini sengaja dikosngkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Baja .....	5
2.1.1 Baja Karbon ( <i>Carbon Steel</i> ) .....	5
2.1.2 Baja Paduan .....	7
2.2 Teknologi Pelapisan ( <i>Coating</i> ) .....	8
2.3 Elektroplating.....	12
2.3.1 Prinsip Kerja Elektroplating .....	13
2.3.2 Hukum Elektrolisis Faraday .....	15
2.3.3 Komponen Dalam Pelapisan Logam .....	18
2.4 Pengerjaan Pendahuluan Proses Elektroplating .....	25
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Proses Elektroplating .....	27
2.6 Bahan Pelapis.....	33
2.6.1 Tembaga .....	33
2.6.2 Nikel .....	34
2.6.3 Kuningan .....	35
2.7 Mekanisme Proses Elektroplating.....	37
2.7.1 Elektroplating Tembaga.....	37
2.7.2 Elektroplating Nikel .....	41
2.7.3 Elektroplating Kuningan.....	43
2.8 Ketebalan Lapisan.....	46
2.9 Kekilauan Lapisan ( <i>Glossy</i> ).....	47
2.10 Penelitian Sebelumnya .....	50

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir .....	53
3.2 Metode Perancangan .....	55
3.3 Alat dan Bahan .....	56
3.3.1 Alat.....	56
3.3.2 Bahan .....	57
3.4 Proses Penelitian .....	58
3.4.1 Preparasi Permukaan Spesimen .....	58
3.4.2 Proses <i>Copper Cyanide Electroplating</i> .....	59
3.4.3 Proses <i>Copper Acid Electroplating</i> .....	59
3.4.4 Proses <i>Nickel Electroplating</i> .....	60
3.4.5 Proses <i>Brass Electroplating</i> .....	61
3.4.6 Proses <i>Finishing</i> .....	62
3.5 Proses Pengujian .....	63
3.5.1 <i>Sxanning Electron Microscope</i> (SEM) – EDX .....	63
3.5.2 Pengujian Adhesi ( <i>Pull – Off Test</i> ) .....	65
3.5.3 Pengujian Kecerahan ( <i>Glossy Test</i> ) .....	69
3.5.4 Pengujian ketebalan .....	70
3.6 Rancangan Penelitian .....	71

### **BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA**

4.1 Analisa Visual .....	73
4.2 Analisa Ketebalan .....	76
4.3 Analisa Morfologi .....	83
4.4 Analisa Komposisi .....	85
4.5 Analisa Kekilauan ( <i>Glossy</i> ).....	87
4.6 Analisa Daya Lekat ( <i>Adhesifitas</i> ).....	91
4.6.1 Pengujian <i>Pull – Off Test</i> .....	91
4.6.2 Pengujian Mandrel Test ( <i>Bending Test</i> ).....	97
4.6.3 Pengujian <i>Rockwell C Adhesion Test</i> .....	99
4.6 Penentuan Variasi Optimum .....	101

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran.....	105

### **DAFTAR PUSTAKA .....**

### **LAMPIRAN.....**

### **UCAPAN TERIMA KASIH.....**

### **BIODATA PENULIS .....**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Proses Elektroplating .....	15
<b>Gambar 2.2</b>	Skema Komponen Proses Electroplating .....	19
<b>Gambar 2.3</b>	Diagram Fasa CuZn .....	36
<b>Gambar 2.4</b>	Refleksi Tergantung pada Sudut Cahaya yang Masuk yang berhubungan dengan kekilauan .....	48
<b>Gambar 2.5</b>	Prinsip Kekilauan .....	49
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir .....	53
<b>Gambar 3.2</b>	Skema Percobaan .....	58
<b>Gambar 3.3</b>	Proses Elektroplating Kuningan.....	61
<b>Gambar 3.4</b>	Mekanisme Kerja Alat SEM .....	65
<b>Gambar 3.5</b>	Alat Uji <i>Pull Off</i> .....	66
<b>Gambar 3.6</b>	Alat Uji Bending .....	67
<b>Gambar 3.7</b>	Alat Uji Kekerasan Rockwell.....	68
<b>Gambar 3.8</b>	Standar Kontrol Kegagalan pada Substrat yang Diindentasi .....	68
<b>Gambar 3.9</b>	Alat Uji <i>Glossy Meter</i> .....	69
<b>Gambar 3.10</b>	Alat Uji Ketebalan <i>DFT Electomer</i> .....	70
<b>Gambar 4.1</b>	Acuan Standard Minimal Visual Hasil Pelapisan Elektroplating Kuningan dengan Kondisi Operasi 27°C dengan Waktu 120 Detik.....	73
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Hasil Ketebalan Hasil Elektroplating Kuningan CuZn.....	78
<b>Gambar 4.3</b>	Regresi Polinomial Hubungan Temperatur dan Waktu Elektroplating CuZn Terhadap Ketebalan Lapisan CuZn.....	79
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Sem <i>Cross – Section</i> pada Pelapisan CuZn dengan Hasil ketebalan yang Tertinggi Diukur dengan <i>Coating Tester</i> .....	81
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Sem EDX <i>Cross – Section</i> pada Proses Elektroplating CuZn dengan Hasil Ketebalan Tertinggi Berdasarkan Hasil DFT(A). Lapisan Fe, (B). Lapisan Cu, (C) Lapisan Ni, (D).	

	Lapisan Zn.....	82
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil SEM Morfologi Permuakaan Lapisan CuZn Perbesaran 5000x, pada Temperatur 30 °C (A) Variasi Waktu Pencelupan 12,5 detik (B) Variasi Waktu Pencelupan 25 detik, (C) Variasi Waktu Pencelupan 50 Detik.....	84
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Grafik Hasil Pengujian <i>Glossy Test</i> .....	88
<b>Gambar 4.8</b>	Regresi Polinomial Hubungan Temperatur dan Waktu Elektroplating CuZn Terhadap Nilai Kekialauan Lapisan CuZn .....	90
<b>Gambar 4.9</b>	Hasil Pengujian <i>Pul-off test</i> (A). <i>Glue Filure</i> , (B). <i>Kohesi</i> (C) <i>Adhesi 35%</i> (D) <i>Adhesi 45%</i> .....	93
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik Nilai Pengujian <i>Adhesifitas</i> Hasil Lapisan Elektropating.....	94
<b>Gambar 4.11</b>	Regresi Polinomial Hubungan Temperatur dan Waktu Elektroplating CuZn Terhadap Nilai Daya Lekat Lapisan CuZn.....	96
<b>Gambar 4.12</b>	Acuan Standard Bending Test Hasil Pelapisan Elektroplating Kuningan dengan Kondisi Operasi 27°C dengan Waktu 120 Detik .....	98
<b>Gambar 4.13</b>	Acuan Standard <i>Rockwell Test</i> Terhadap Hasil Pelapisan Elektroplating Kuningan dengan Kondisi Operasi 27°C dengan Waktu 120 Detik .....	100
<b>Gambar 4.14</b>	Perpotongan Dari Beberapa Grafik Terhadap Pengujian Hasil Lapisan Elektroplating CuZn ..	101

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Klasifikasi Baja Karbon.....	7
<b>Tabel 2.2</b>	Jenis – Jenis Pelapisan Logam .....	10
<b>Tabel 2.3</b>	Spesifikasi Anoda Larut.....	22
<b>Tabel 2.4</b>	Komposisi dan Kondisi Operasi Larutan Tembaga Sulfat .....	39
<b>Tabel 2.5</b>	Komposisi Larutan Tembaga Sianida .....	40
<b>Tabel 2.6</b>	Komposisi Larutan Tembaga Nikel.....	42
<b>Tabel 2.7</b>	Komposisi dan Kondisi Operasi Larutan .....	44
<b>Tabel 3.1</b>	Tabel Perancangan .....	71
<b>Tabel 4.1</b>	Pengamatan Visual Hasil Pelapisan .....	74
<b>Tabel 4.2</b>	Ketebalan Lapisan yang Diukur dengan Coating Tester.....	76
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Uji Komposisi %wt Lapisan Tipis Hasil Elektroplating Kuningan CuZn pada Temperatur 30 °C .....	85
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Pengujian Kilap.....	88
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Pengujian <i>Pull – Off Test</i> .....	92
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Pengujian Bending .....	97
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil Pengujian Rockwell C.....	99
<b>Tabel 4.8</b>	Pembobotan Tiap Nilai Pengujian.....	102

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan logam dalam berbagai bidang bertujuan untuk memperoleh kekuatan dari sifat logam tersebut, serta meningkatkan nilai dekoratif ataupun keindahan. Disisi lain, logam mudah berinteraksi dengan lingkungan yang menyebabkan terjadinya kegagalan produk berupa korosi. Korosi pada logam menyebabkan kekuatan dan fungsi pada logam berkurang sehingga menyebabkan logam terdegradasi dan rusak (Bayliss, 2012). Permukaan logam merupakan bagian pertama yang akan mengalami permasalahan korosi serta bagian yang sangat penting untuk menentukan mengenai nilai dekoratif ataupun nilai estetik. Oleh sebab itu, diperlukan perlakuan tertentu pada permukaan logam. (Nasser, 2014).

Perlakuan pada permukaan logam dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya ialah pelapisan *electroplating*. *Electroplating* ialah proses untuk melapisi permukaan logam dengan logam lain dengan cara mengaliri arus listrik melalui anoda menuju spesimen atau logam lain yang berfungsi sebagai katoda didalam larutan elektrolit. (Saleim et al, 2014). Perlakuan pada permukaan dapat berupa elektroplating kuningan yaitu pelapisan kuningan atau paduan Cu Zn pada logam yang dapat meningkatkan nilai estetika ataupun dekoratif secara visual pada logam. Penggunaan kuningan dikarenakan memiliki sifat khusus tertentu berupa tahan terhadap oksidasi serta memiliki keuletan yang baik. (Denno, 2010). Dalam beberapa penelitian mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap *electroplating* kuningan, menurut oleh Andi (2010) bahwa tegangan yang terbaik untuk proses *electroplating* pada range 1 v dengan waktu 1,5 menit. Selain itu, menurut Rizky Hari (2016) bahwa waktu proses menentukan ketebalan lapisan kuningan dengan hasil ketebalan maksimal sebesar 9,6  $\mu\text{m}$  diperoleh dengan waktu proses selama 25 menit, serta arus sebesar 4A dan tegangan sebesar 2v.

---

Pada percobaan kali ini dilakukanlah proses pelapisan kuningan pada logam dimana telah dilakukan *pre-treatment* pada logam tersebut yaitu dengan telah dilakukan plating terlebih dahulu menggunakan tembaga dan nikel kemudian baru dilapisi dengan kuningan pada baja karbon rendah dimana baja tersebut baja yang sering digunakan dalam kehidupan sehari – hari dengan variabel peubah yaitu, waktu proses plating kuningan dan temperatur elektrolit karena dengan penentuan yang tepat terhadap variabel dapat meningkatkan hasil pelapisan yang baik dengan waktu yang relatif cepat. Sehingga pada penelitian ini dapat meningkatkan sifat berupa penambahan daya lekat hasil platingan, ketebalan plating, dan nilai kecerahan lapisan untuk menambah nilai dekoratifnya, agar tercipta pelapisan kuningan yang mempunyai kualitas bagus dengan waktu pengerjaan yang singkat guna menjawab kebutuhan pasar yang semakin banyak dan semakin cepat.

## 1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh temperatur elektrolit pada proses elektroplating CuZn terhadap daya kelekatan, hasil ketebalan dan kecerahan hasil lapisan plating kuningan (CuZn) pada baja karbon?
2. Bagaimana pengaruh waktu pada proses elektroplating CuZn terhadap daya kelekatan, hasil ketebalan dan kecerahan hasil lapisan plating kuningan (CuZn) pada baja karbon?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar diperoleh hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komposisi material uji baja karbon dianggap homogen
2. Konsentrasi larutan elektrolit diasumsikan homogen.

3. Jarak antara anoda dan katoda diasumsikan sama tetap dan tidak diperhitungkan
4. Didalam elektrolit diasumsikan tidak adanya pengotor
5. Hasil pelapisan diasumsikan homogen pada setiap bagian permukaan spesimen

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh temperatur elektrolit terhadap ketebalan hasil plating, daya lekat, dan nilai kuantitatif kekilauan warna yang dihasilkan
2. Menganalisis pengaruh waktu pada proses elektroplating terhadap ketebalan hasil plating, daya lekat, dan nilai kuantitatif kekilauan warna yang dihasilkan

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat menjadi patokan serta acuan dalam menentukan waktu proses pengaplikasian elektroplating kuningan untuk menghasilkan kualitas lapisan elektroplating kuningan secara maksimal dalam waktu tersingkat dalam dunia industri, sehingga dapat menghemat waktu produksi.
2. Dapat memberikan waktu dan temperatur yang berkesesuaian untuk meningkatkan kualitas daya lekat dan kekilauan lapisan elektroplating, dengan ketebalan yang cukup untuk meningkatkan kualitas hasil dengan biaya dan waktu yang rendah agar bersesuaian dengan prinsip ekonomi.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan informasi yang saling melengkapi dengan hasil penelitian sebelumnya terkait penggunaan perubahan temperatur dan waktu proses elektroplating kuningan. Agar menghasilkan kualitas yang bagus dengan penghematan waktu dan energi.

- 
4. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat yang luas terhadap institusi pendidikan dan sektor dunia industri



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Baja**

Baja merupakan sebuah material yang terbentuk dari paduan Fe (besi) sebagai unsur dasar dan C (karbon) sebagai unsur paduan utamanya serta unsur – unsur lainnya seperti; Mn, Si, Ni, Cr, V. Pengaruh kandungan karbon pada baja tersebut adalah pada kekuatan, kekerasan, serta *machineability*. Semakin besar kadar kandungan karbon, maka akan membuat semakin meningkatnya kekerasan baja tersebut namun semakin rapuh dan tidak mudah dibentuk. (Davis, 2002). Baja untuk waktu sekarang merupakan suatu paduan yang banyak digunakan oleh berbagai elemen dan pihak, baik untuk keperluan rumah tangga, kesehatan, industri, transportasi, kesenian, dan sebagainya masih banyak lagi. Hal ini digunakan karena jenis dari baja sendiri terdapat berbagai jenis dan tergantung penggunaan serta aplikasi yang ingin digunakan, sehingga baja banyak yang mengklasifikasikan berbagai jenis baja dari sudut pandang yang lain, salah satunya ialah, mengklarifikasikan berdasarkan komposisi kimia yang terkandung dalam baja tersebut. Menurut komposisinya, baja terbagi menjadi dua bagian yaitu, baja berkarbon, dan baja berpaduan. Baja karbon sendiri merupakan baja dengan kadar kurang dari 0,8% mangan, dan kada unsur silikon kurang dari 0,5%, serta unsur – unsur yang lain yang dianggap sebagai baja karbon. Sedangkan baja paduan merupakan baja dengan kandungan berbagai macam unsur yang menjadi satu kesatuan.

##### **2.1.1 Baja Karbon (*Carbon Steel*)**

Meskipun dinamakan dengan baja karbon, bukan berarti kandungan dari baja ini kesemuanya karbon, melainkan kandungan dari baja ini juga memiliki paduan – paduan yang lain namun dalam jumlah tertentu dan tidak terlalu mempengaruhi terhadap sifat – sifat yang terdapat pada baja tersebut. Berdasarkan konsentrasinya, baja karbon dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

---

1. Baja Karbon Renah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kadar karbon dibawah 0,3%. Ciri khusus dari baja ini ialah memiliki struktur mikro yang terdiri dari ferit dan perlit, tidak terlalu berpengaruh atau responsif pembentukan martensit melalui perlakuan panas, mempunyai sifat yang lunak namun ulet dan tangguh, serta kemampuan sifat *weldability* dan *machinability* yang baik sehingga akan mudah dibentuk dan harganya yang relatif murah. Pada baja karbon rendah ini juga terdapat kelompok baja dengan kandungan karbonnya yang sangat rendah yaitu *Dead Mild Steel* yaitu baja karbon dengan kandungan kurang dari 0,15% dan biasanya digunakan untuk baja lembaran, besi beron, besi strip dan lainnya (*ASM Handbook, Vol 1*).

2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja dengan kadar karbon antara 0,3% sampai 0,7%. Pada baja karbon menengah memiliki kekerasan yang rendah, serta untuk memperbaiki sifat – sifat mekanik yang terkandung dalam baja ini diperlukan perlakuan – perlakuan khusus yang lain seperti *austenizing, quenching, & tempering*. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, dan lain sebagainya. Baja jenis ini dibandingkan dengan baja karbon rendah lebih kuat dan keras, namun tidak akan cukup tinggi dibandingkan dengan baja kadar karbon tinggi (*ASM Handbook, Vol 1*).

3. Baja Karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi merupakan baja dengan kadar karbon lebih dari 0,7% sampai 1,40%. Pada baja karbon tinggi memiliki ciri khusus yaitu memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dan paling kuat, namun memiliki nilai kelenturan yang rendah jika dibandingkan dengan baja karbon rendah maupun baja karbon tinggi. Baja jenis ini biasanya digunakan pada aplikasi yang memerlukan kekuatan dan kekerasan yang tinggi seperti, mata bor, gunting, palu, gergaji, alat pahat dan potong yang lain – lain (*ASM Handbook Vol 1*).

---

Menurut Okumura pada tahun 2010, baja karbon terbagi menjadi beberapa klarifikasi seperti pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Klasifikasi Baja Karbon (Okumura, 2010)

Jenis	Kadar karbon (%)	Kek. Luluh (Kg/mm <sup>2</sup> )	Kek. Tarik (Kg/mm <sup>2</sup> )	Kek. Brinell (Kg/mm <sup>2</sup> )	Guna
<b>Baja Low Carbon</b>					
Baja Lunak Khusus	0,08	18-28	32-36	95-100	Plat tipis
Baja sangat lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	80-120	Batang Kawat
Baja Lunak Khusus	0,12-0,2	22-30	38-48	100-130	Konstruksi
Baja Setengah Lunak	0,2-0,3	34-36	44-45	1120145	Umum
<b>Baja Karbon sedang</b>	0,3-0,5	30-40	50-60	140-170	Alat – alat mesin
<b>Baja Karbon Tinggi</b>					
Baja Keras	0,5-0,6	34-46	58-70	160-200	Perkakas, rel, pegas
Baja sngar keras	0,6-0,8	36-47	36-47	180-235	Kawat Piano

### 2.1.2 Baja Paduan

Baja paduan ini dibentuk atau diciptakan dikarenakan keterbatasan dari sifat – sifat spesial yang tidak dapat ditemukan di kandungan baja karbon biasa, seperti sifat kelistrikan, koefisien spesifik, magnetis, serta sifat pemuaiian panas dari baja tersebut, sehingga dibentuklah paduan – paduan dengan menambahkan

---

unsur – unsur lain pada baja tersebut untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Menurut Mulyanti 2016, baja paduan merupakan baja yang dicampur dengan tambahan satu atau lebih unsur yang lain dengan sifat – sifat yang ingin dikehendaki dari paduan tersebut. Baja paduan dapat dikelompokkan dalam berbagai bagian, yaitu; baja paduan rendah (*low alloy steel*), baja paduan menengah (*Medium alloy steel*), baja paduan tinggi (*High Alloy Steel*).

1. Baja Paduan rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah merupakan jenis baja paduan yang dikelompokkan berdasarkan pada unsur paduannya yang kurang dari sama dengan 2,5%, Baja paduan ini mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi terhadap baja karbon dengan kadar karbon yang sama serta memiliki keuletan yang lebih tinggi terhadap baja karbon yang unsur karbonnya yang sama, serta memiliki sifat *hardenability* dan anti korosi yang baik.

2. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)

Baja paduan menengah merupakan baja dengan paduan elemen atau unsur antara 2,5% sampai 10%. Pada baja paduan unsur – unsur yang terkandung adalah Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain – lain.

3. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan dengan jumlah kadar unsur paduannya ialah lebih dari 10. Baja paduan ini mempunyai sifat khusus seperti tahan karat (*Stainles Steel*), Baja Perkakas atau *Tools Steel (High Speed Steel)*, Baja tahan panas (*Heat Resisting Steel*) dan lain sebagainya (Suherman, 1999).

## 2.2 Teknologi Pelapisan (*Coating*)

Pelapisan logam atau biasa disebut dengan *Coating* merupakan suatu upaya untuk melindungi logam dasar dari terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh korosi, dan upaya

---

untuk meningkatkan nilai estetika dari logam yang digunakan atau logam dasarnya (Bayliss 2012). Menurut Nasser pada bukunya menjelaskan bahwasannya diperlukanlah suatu upaya untuk melindungi material dasar baik itu logam maupun nonlogam dari pengaruh lingkungan yang akan menyebabkan kerusakan, baik kerusakan secara mekanik, fisik, maupun secara kimiawi. Mengingat sekarang dan masa akan datang penggunaan logam akan semakin dibutuhkan untuk kemajuan suatu industri, sehingga diperlukanlah upaya untuk perlindungan dari lingkungan tersebut, salah satunya ialah pelapisan atau *coating*. Aplikasi *coating* dibedakan menjadi 3 bagian yaitu, pelapisan secara organik, anorganik, dan metalik, dan pengaplikasian *coating* tersebut akan memberikan dampak perlindungan benda dari serangan lingkungan yang korosif pada seluruh permukaan benda kerja dan memperpanjang umur pakai suatu benda kerja tersebut. Penggunaan material pelapis yang lebih sedikit atau lebih murah, dan digabungkan dengan penghematan energi, akan menghasilkan konsekuensi ekonomi yang baik dan penghematan dalam hal teknologi pelapisannya, sehingga diperlukanlah teknologi pelapisan yang tepat untuk memperoleh hasil yang baik dengan jumlah ekonomi yang pas (Nasser, 2004).

Terdapat beberapa keberagaman proses pelapisan atau *coating* yang tersedia secara umum atau konvensional yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 yaitu;

*Physical Vapour Deposition (PVD)* merupakan proses yang melibatkan pembentukan lapisan *coating* pada permukaan material dengan prinsip deposisi atau pengendapan secara fisik partikel – partikel atom, ion atau molekul dari bahan pelapis atau *coating*, terdapat tiga teknik untuk melakukan proses PVD, yaitu *thermal evaporation*, *sputtering*, dan *ion plating*. Sedangkan *Chemical Vapour Deposition (CVD)* merupakan proses yang menghasilkan lapisan *coating* secara kimiawi atau dengan reaksi kimia pada permukaan material yang dipanaskan. Proses PVD maupun CVD biasanya digunakan untuk melapisi permukaan material guna menambah kekerasan dari material tersebut (Davis,

2002.).

**Tabel 2. 2** Jenis – Jenis Pelapisan Logam (Nasser, 2004)

<b>Process</b>	<b>Process Variant</b>
<b>Evaporation</b>	Chemical Vapour Deposition (CVD) Physical Vapour Deposition (PVD) Sputtering
<b>Hot Metal Process</b>	Weld-Surfacing Hot-Dip Galvanizing Roll-Coating
<b>Painting</b>	Application of Inorganic Coating Application of Organic Coating Application of Low-Friction Coating
<b>Thermal Spraying</b>	Atmospheric-pressure Plasma Spraying Low-Pressure Plasma Spraying Flame Spraying
<b>Metallizing</b>	Electroless Metal Coatings Electroplated Metal Coatings

Pada jenis coating *Hot Metal Process* yaitu proses – proses pelapisan pada logam, dengan cara ada suatu *treatment* pemanasan pada materialnya sehingga akan membuat paduan antara logam substrat dengan logam pelapis secara intermetalik, salah satu contohnya ialah *Hot-Dip Galvanizing* merupakan suatu proses pelapisan yang sering dijumpai di industri, yaitu suatu proses pelapisan dimana logam pelapis dipanaskan hingga mencair, kemudian logam yang akan dilapisi yang disebut dengan logam dasar dicelupkan ke dalam logam cair tersebut, sehingga pada permukaan logam dasar akan terbentuk lapisan berupa paduan antara logam pelapis dan logam dasar, serta akan membentuk ikatan antar metalik.

Pengecatan secara organik maupun non-organik merupakan suatu cara pelapisan dengan menggunakan metode pengecatan atau *painting*, biasanya menggunakan cara metode semprot dalam proses pengaplikasiannya, baik yang *organic*

---

maupun yang *non-organic*. Cat non-organik biasanya digunakan untuk melapisi permukaan fungsional yang mengandung senyawa kromium dan fosfor dengan bubuk aluminium sebagai zat pigmennya. Sedangkan cat organik diaplikasikan pada permukaan komponen dengan cara yang sama namun diaplikasikan kembali setelah proses pengeringan (Nasser, 2005).

*Thermal spray coating* didefinisikan sebagai proses pelapisan yang memerlukan suatu alat yang mampu untuk mendorong baik itu material yang telah mengalami proses peleburan dengan kecepatan yang tinggi kepada material substrat yang telah dilakukan preparasi terlebih dahulu. Material yang akan digunakan untuk proses *thermal spray* dicairkan dengan cara dipanaskan. Material yang telah dicairkan kemudian didorong oleh proses gas dan disemprotkan pada permukaan material substrat, yang kemudian akan mengeras dan membentuk lapisan yang kuat (Metco, 2013).

*Metallic coating* adalah teknik pelapisan yang mengandung unsur metal atau paduan. *Metallic coating* dapat diaplikasikan dengan metode semprot, secara elektrokimia, secara kimia atau mekanis. Pelapisan ini diterapkan pada peralatan yang membutuhkan penampilan mengkilap dan perlindungan dari sinar matahari, korosi dan oksidasi (Corrosionpedia, 2018). Etalisasi permukaan memiliki kepentingan khusus. Disini lapisan pelindung logam diaplikasikan ke permukaan sebagai pelapis untuk komponen. Biasanya, ini dilakukan dalam media berair. Garam logam dari logam yang akan disimpan, dilarutkan dalam larutan, ionisasi dan kation logam kemudian dibuang untuk membentuk logam itu sendiri, menggunakan sumber tegangan eksternal. Dalam kasus lain, media reduksi hadir dalam elektrolit. (Nasser, 2005)

Secara umum perlindungan korosi yang diberikan oleh pelapisan logam sangat tergantung pada pilihan pelapisan logam dan ketebalannya dan tidak sangat dipengaruhi oleh metode aplikasi (Construction, 2017).

---

### 2.3 Elektroplating

Menurut Sugiyarta (2012:23), pelapisan logam adalah suatu cara yang diberikan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan dimana bertujuan agar benda kerja tersebut akan mengalami perbaikan maupun ketahanannya sehingga tidak menutup kemungkinan pula terjadinya perbaikan pada sifat fisiknya dan perlindungan pada benda kerjanya. Banyak sekali metode dalam pelapisan logam, salah satunya ialah menggunakan metode elektroplating. Banyak sekali pengertian mengenai elektroplating, menurut ASTM B 374, proses *electroplating* adalah suatu metode untuk mendeposisikan secara elektrik (*electrdeposition*) suatu lapisan logam pada logam lain dengan tujuan mendapatkan sifat – sifat tertentu lapisan. Sedangkan menurut Sutomo *electroplating* didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam (Sutomo, 2010:13). Ion logam tersebut berasal dari elektrolit dan juga berasal dari logam anoda yang terlarut pada elektrolit, yang kemudian mengendap pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Proses pengendapan pada katoda dikarenakan adanya perpindahan ion – ion secara terus – menerus menggunakan tegangan yang konstan, dimana akhirnya ion – ion tersebut mengendap dan menempel kuat membentuk suatu lapisan permukaan (Paridawati, 2013).

Jadi secara sederhana *electroplating* adalah suatu proses pengendapan zat (ion – ion logam) pada elektroda (katoda) dengan cara elektrolisa. Terjadinya suatu endapan pada proses ini adalah karena adanya ion – ion bermuatan listrik berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit yang aman hasil dari elektrolisa tersebut akan mengendap pada elektroda lain (katoda). Metode pelapisan dengan cara *electroplating* ini sering digunakan karena keuntungan dari proses *electroplating* ini, yaitu metode yang digunakan adalah sederhana dan murah, serta banyak material yang dapat dilakukan *electroplating* seperti logam, logam paduan, dan semi – konduktor dengan ketebalan yang diendapkan tidak



memiliki batas maksimal misalnya pada aspek aplikasi elektronik, optik, industri mobil, dan aspek yang lain seperti digunakan untuk menambah estetika, seperti kuningan, emas, dan chrom (El-Giar *et al*, 2000).

Dan pada teknologi pelapisan ini, *electroplating* biasanya digunakan sebagai proses *finishing* atau pengerjaan akhir suatu logam, sehingga akan memperbaiki tampak rupa (*decrative*). (Saleh,2014). Namun selain memberikan tampilan yang menarik, *electroplating* juga dapat memberikan manfaat lain bagi logam yang dilapisi, yaitu mencegah timbulnya korosi atau melindungi logam dasar dari serangan korosi, menambah ketebalan logam atau memperbaiki kehalusan / bentuk permukaan logam dasar, meningkatkan ketahanan logam dari gesekan (abrasi), dan membentuk benda dengan cara endapan (*electroforming*) (Supriadi, 2010). Sehingga secara umum tujuan pelapisan *electroplating* dapat dibagi menjadi dua yaitu untuk memperindah tampilan permukaan benda kerja (*decorative palting*) dan untuk meningkatkan kualitas permukaan seperti meningkatkan ketahanan aus dan korosi, meningkatkan konduktivitas listrik, dan lain – lain (*engineering plating*) (ASM Handbook, Vol 5).

### 2.3.1 Prinsip Kerja *Electroplating*

Prinsip dasar pelapisan adalah terjadinya reaksi elektrokimia atau reaksi kimia di dalam larutan (tepatnya pada antar muka benda kerja dan elektrolit) karena permukaan benda kerja bermuatan listrik negatif sehingga kation logam dari elektrolit menjadi atom logam dan menempel pada permukaan benda kerja. Berdasarkan sumber energi untuk mengubah kation logam menjadi atom logam, proses pelapisan (*deposition process*) dapat dibagi menjadi dua yaitu pelapisan dengan arus listrik dari luar (*electroplating*) dan pelapisan tanpa arus listrik dari luar (*electrolessplating*) (Sugianto,2010).

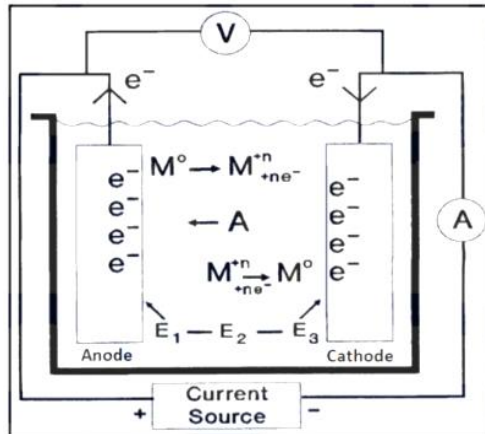
Menurut Hartomo, reaksi kimia pada proses *electroplating* menggunakan prinsip – prinsip teknologi elektrokimia. Proses – proses pengendapan secara elektrokimia dinamakan

---

elektrodeposisi. Pada sistem elektrokimia, bila diberi beda tegangan, ion-ion bergerak menuju elektroda. Kation bergerak ke katoda, anion bergerak ke anoda. Masing-masing mempunyai laju khas, yang bila tegangannya satu (satuan), laju tersebut dinamai mobilitas atau konduktivitas ion individu. Konduktivitas total larutan tertentu merupakan jumlahan mobilitas sejumlah ion yang dikandungnya. Hal itu hanya benar bila larutannya encer. Bagian arus total yang dibawa oleh ion tertentu disebut transferens dan angka transport ion termaksud (Kaneko, 1992:3).

Sehingga secara sederhana prinsip kerja *electroplating* ialah melakukan proses elektrodeposisi dimana digunakan untuk memproduksi suatu lapisan padat, homogen, dan dapat melekat dengan baik pada suatu logam atau paduan dengan cara memanfaatkan arus listrik. Apabila arus listrik searah dialirkan atau diberikan kedalam sel itu sehingga komponen elektroda tersebut akan menjadi katoda dan anoda, dimana katoda sebagai komponen atau material yang akan dilapisi, yang merupakan komponen yang diubungkan ke sumber listrik bermuatan negatif, dan anoda sebagai material yang akan berfungsi melepaskan ion atau melepaskan elektron keluar (yang akan melapisi) yang merupakan komponen yang dihubungkan dengan arus listrik bermuatan positif.

Apabila semua komponen yang tersebut dimasukan atau direndam di dalam larutan elektrolit sambil dialiri arus listrik searah, maka muatan positif ditarik oleh katoda, dan sementara ion bermuatan negatif berpindah ke arah anoda. Ion – ion tersebut dinetralisir oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada katoda. Hasil yang terbentuk merupakan lapisan logam dan gas hidrogen (Saleh.2014). Dan sehingga dalam metode ini kita mengenal istilah *throwing power* yang diartikan dengan kemampuan logam penyalut untuk menghasilkan ketebalan merata sejalan dengan terus berubahnya panjang lintasan antara anoda dan permukaan komponen selama pelapisan. Proses *electroplating* sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Proses Elektroplating (Rointan, 1994).

### 2.3.2 Hukum Elektrolisis Faraday

Hukum Faraday dikembangkan oleh Michael Faraday pada tahun 1833. Hukum pertama dan kedua Faraday menyatakan :

1. Jumlah zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
2. Jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut.

Pada hukum pertama, pada hukum faraday menjelaskan bahwasannya jumlah material yang dihasilkan atau depositkan pada elektroda sesuai dengan jumlah muatan listrik yang diberikan. Dan pada hukum kedua Faraday menjelaskan bahwa jumlah zat yang dibebaskan oleh sejumlah muatan listrik yang diberikan adalah sesuai dengan berat ekuivalen kimia dari zat tersebut. Ekuivalen elektrokimia dari suatu elemen adalah berat atomiknya dibagi dengan perubahan valensi yang terjadi selama reaksi. Bila dilihat dari reaksi spesifik, satu elemen mungkin

memiliki berat ekuivalen yang berbeda, meskipun elemen tersebut hanya memiliki satu berat atom.

Konstanta Faraday (F) menunjukkan jumlah muatan listrik yang dibawa per mol atau jumlah elektron Avogadro. Konstanta Faraday didapatkan dengan perhitungan Persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$F = e \cdot N_a \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N_a = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Sedangkan muatan total yang digunakan dalam deposisi dapat dicari sebagai produk arus (I) dan waktu deposisi (t) dengan arus deposisi yang dipertahankan konstan. Jika selama proses deposisi arusnya bervariasi total muatan dapat dicari dengan Persamaan 2.2 :

$$Q = \int I dt \dots\dots\dots(2.2)$$

Berat deposit yang dihasilkan pada persamaan 2.3, W (g), dapat dicari dengan cara mengalikan mol logam yang tereduksi dengan berat atomik, Mw, dari logam yang terdeposit :

$$W = \frac{Mw}{nF} \int I dt \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk mencari ketebalan deposit yang dihasilkan,  $\delta$  (cm) dapat dilakukan dengan Perhitungan Persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$\delta = \frac{W}{\rho A} = \frac{Mw}{nF \rho A} \int I dt \dots\dots\dots(2.4)$$

Rumus di atas digunakan dengan  $\rho$  sebagai densitas ( $\text{g/cm}^3$ ) dan A adalah luas area deposisi ( $\text{cm}^2$ ) (Huang, 2006).

Sehingga, secara sederhana penerapan hukum Faraday ini dapat digunakan untuk memprediksi berat lapisan yang akan dihasilkan atau terdeposisi pada proses elektroplating. Apabila kita mengetahui berapa besar muatan listrik yang digunakan, maka kita dapat menghitung berapa banyak perubahan kimia yang terjadi dan apabila kita mengetahui berat ekuivalen dari logam maka kita dapat menghitung berapa banyak logam yang tereduksi atau teroksidasi. Hukum ini dirumuskan dalam suatu Persamaan 2.5, yaitu:

$$B = \frac{let}{96500} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

B = jumlah berat zat yang bereaksi (gr)

e = berat ekuivalen

t = waktu (s)

Berat ekuivalen adalah berat atom zat dibagi dengan jumlah perubahan elektron valensi dari zat tersebut dalam reaksi reduksi atau oksidasi.

Dalam proses elektroplating terdapat efisiensi plating. Efisiensi plating dapat dinyatakan sebagai efisiensi arus anoda maupun katoda. Efisiensi katoda merupakan perbandingan antara arus yang digunakan untuk proses pengendapan dengan total arus yang masuk. Dalam prosesnya arus yang tidak terpakai untuk proses pengendapan pada katoda digunakan untuk penguraian air membentuk gas hidrogen, hilang menjadi panas, atau digunakan untuk pengendapan logam lain sebagai impuritas pada hasil plating yang tidak diinginkan. Sedangkan efisiensi anoda merupakan perbandingan antara jumlah logam anoda yang terlarut dalam elektrolit dibanding dengan jumlah logam anoda yang dapat terlarut secara teoritis sesuai dengan Hukum Faraday. Proses elektroplating dengan anoda aktif dapat dikatakan baik apabila efisiensi anoda sama dengan efisiensi katoda karena berarti reaksi berjalan setimbang sehingga konsentrasi elektrolitnya akan tetap (Siregar, 2010).

Dalam penentuan efisiensi elektroplating lebih sering dilakukan perhitungan dengan menggunakan prinsip efisiensi katoda. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah semua arus yang masuk digunakan untuk mengendapkan ion logam pada katoda sehingga didapat efisiensi 100% atau lebih kecil. Rendahnya nilai efisiensi katoda dapat disebabkan karena kebocoran listrik, larutan yang tidak homogen, dan terjadinya elektrolisis air. Efisiensi katoda dapat diketahui dengan Persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$\eta = \frac{W'}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

$\eta$  = efisiensi

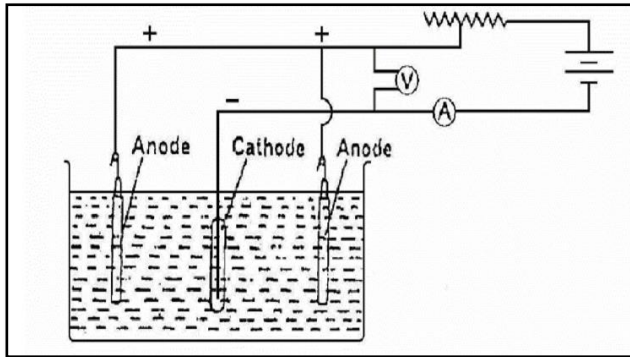
$W'$  = berat endapan pada katoda

$W$  = berat teoritis endapan pada katoda berdasarkan Hukum Faraday

### 2.3.3 Komponen Dalam Pelapisan Logam

Secara sederhana, dalam proses *electroplating* memerlukan arus searah (DC) dari luar kepada dua elektroda yang dicelupkan kedalam larutan elektrolit, dimana arus tersebut bertujuan untuk menyalurkan arus listrik menuju tangka *plating* dan menghubungkan beberapa instrumen seperti ammeter dan voltmeter untuk mengatur voltase dan kuat arus. Elektroda yang diberikan muatan positif dinamakan anoda, dimana anoda terjadi reaksi oksidasi dan melepaskan elektron keluar sirkuit. Dan elektroda yang diberikan muatan negatif yang disebut dengan katoda dalam hal ini adalah benda kerja, dimana katoda terjadi reaksi reduksi dan menerima elektron dari sirkuit luar. Dan terakhir adalah larutan elektrolit atau larutan plating yang umumnya berbentuk cairan yang berguna untuk terjadi pertukaran ion - ion atau tempat terjadinya proses elektrokimia dan media untuk

mengalirkan listrik. Skema komponen dalam proses electroplating dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Skema Komponen Proses Elektroplating (Tromans, 1978).

### A. Anoda

Anoda merupakan suatu elektroda yang digunakan dalam proses *electroplating* yang dihubungkan dengan sumbu positif pada sumber arus listrik *Direct Current (DC)* atau biasa disebut dengan sumber arus listrik searah. Anoda dalam proses *electroplating* bisa digunakan sebagai bahan pelapis pada substrat yang akan dilapisi. Anoda dalam proses *electroplating* yang biasa digunakan terdiri dari dua macam, yaitu anoda yang dapat larut (*soluble anode*) dan anoda yang tidak dapat larut (*unsoluble anode*).

Anoda yang dapat larut atau *soluble anode* merupakan suatu jenis anoda yang akan habis terlarut dalam larutan membentuk ion logam sewaktu atom logam mengalami oksidasi dan akan melepaskan elektron – elektron yang sebanding dengan dengan elektron – elektron dari katoda. Ion logam pada anoda tersebut akan direduksi kembali secara bertahap dan kontinu dalam atom logam yang selanjutnya akan diendapkan pada katoda dan membentuk lapisan pada katoda. Sedangkan *unsoluble anode* merupakan jenis dari anoda yang tidak dapat larut dalam proses

*electroplating*, yang dimana dalam proses *electroplating* anoda tersebut hanya berperan sebagai penghantar arus saja atau yang biasa dikenal dengan *conductor of current*. Penggunaan anoda yang tidak dapat larut digunakan karena beberapa keuntungan:

- Mencegahnya terbentuk logam yang berlebihan di dalam larutan
- Mengurangi nilai investasi peralatan elektroplating
- Menghindari kehilangan, dan
- Menjaga jarak antara anoda dan katoda supaya stabil.

Namun terdapat pula kerugian dari penggunaan anoda tidak larut ialah cenderungnya teroksidasi unsur – unsur tertentu dari anoda tersebut ke dalam larutan, sehingga jenis anoda yang tidak dapat larut ini tidak bisa digunakan ke dalam larutan yang mengandung bahan – bahan organik (*organic agent*). (Tromans, 1978)

### Reaksi Pada Permukaan Anoda

Pada larutan elektrolit, muatan positif yang dialirkan ke anoda akan bereaksi dengan anion misal  $\text{OH}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , hasil dari reaksi tersebut akan menyebabkan evolusi oksigen dan pelepasan electron yang ditunjukkan pada Persamaan 2.7 hingga Persamaan 2.12. Bila anoda yang digunakan bukan dari material yang inert (sulit bereaksi) seperti Pt, Au, atau karbon, maka electron akan menjadi *Driving force* pada reaksi anodik di anoda untuk melepaskan ion logam. Bila  $\text{Cl}^-$  bereaksi dengan ion logam maka akan terbentuk logam klorida (*metal chloride dipole*) dan mengendap pada bak lapisan. (Sugianto, 2010)

Evolusi Oksigen  $\text{OH}^- \rightarrow \text{O} + \text{H}^+ + \text{e}^- \dots\dots\dots(2.7)$

$2\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^- \dots\dots\dots(2.8)$

$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{SO}_3 + \text{O} + 2\text{e}^- \dots\dots\dots(2.9)$

$\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{O}_2 \dots\dots\dots(2.10)$

Ionisasi Logam  $\text{M}^0 + \text{e}^- \rightarrow \text{M}^{n+} \dots\dots\dots(2.11)$

Logam Klorida  $\text{M}^{n+} \rightarrow \text{Cl}^- \rightarrow \text{MCl}_n \dots\dots\dots(2.12)$

Anoda yang bereaksi dengan elektrolit dan melepaskan ion logam pelapis dinamakan *Soluble Anode*, bila *Soluble Anode* tidak berupa



---

material murni seperti pelapisan nikel dengan anoda stainless, maka lapisan yang dihasilkan akan tercemar unsur lain yang terionisasi seperti Fe dan Cr (Suhdi, 2009).

Dalam pemilihan anoda yang ingin digunakan dalam proses elektroplating, harus memperhatikan beberapa hal, antara lain:

- a. Efisiensi anoda yang akan dipakai.
- b. Jenis larutan elektrolit yang digunakan
- c. Kemurnian bahan anoda
- d. Bentuk dan cara pembuatan anoda
- e. Rapat dan kapasitas arus yang disuplai

Selain beberapa poin di atas, dalam pemilihan anoda dan pemasangan anoda yang perlu diperhatikan ialah kemurnian dari anoda tersebut, karena umumnya dalam proses elektroplating tersebut, perbandingan anoda dengan katoda yang dipakai ialah 2:1, sehingga anoda menjadi penyumbang terbesar terhadap zat pengotor yang ada pada larutan elektrolit, sehingga tingkat kemurnian dari anoda sangat perlu diperhatikan untuk menghasilkan kualitas dari elektroplating yang baik, spesifikasi kemurnian anoda disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.3. Kemudian selain itu, jarak dan rapat arus anoda diusahakan berada dalam range yang telah menjadi acuan dan tidak berganti – ganti, hal ini akan mengganggu hasil dari pelapisan elektroplating buruk dan tidak seragam antara lapisan pada logam satu dengan logam yang lain.

Pada elektroplating dengan penggunaan jenis *soluble anode* menyebabkan terbentuknya lapisan pada logam mempunyai sifat tertentu yang hanya terdapat pada logam pelapis tersebut, dan karena itulah menjadi salah satu tujuan melakukan proses elektroplating, guna mendapatkan fungsi lebih dari logam, semisal logam baja dilapisi dengan nikel ataupun tembaga agar logam tersebut terlindung dari korosi, karena sifat dari nikel ataupun tembaga tersebut resistan terhadap korosi. Jadi untuk menentukan pemilihan logam pelapis yang dijadikan anoda juga harus

mempertimbangkan tujuan dari penggunaan logam substrat tersebut.

**Tabel 2. 3** Spesifikasi Anoda Larut (Graham, 1989).

Anoda	Kemurnian (%)	Unsur – unsur pengotor
<b>Kadmium</b> ( <i>Cadmium</i> )	99,95	Ag-AS, Cu, Fe, Pb, Sb, Ti, Zn
<b>Tembaga</b> ( <i>Copper</i> )	99,97	Ag, Cd
<b>Paduan Timah Hitam</b> ( <i>Lead Alloy</i> )	99,92	Ag, Cu, Cd, Zn
<b>Nikel</b> ( <i>Nickel</i> )	99,98	Ag, Cd, Cu, Fe, Pb, Sn, Zn
<b>Timah Putih</b> ( <i>Tin</i> )	99,92	Ag, As, Bi, Cd, Cu, Fe, Pb, S, Sb, Ni
<b>Timah Putih-Timah Hitam</b> ( <i>Tin-Lead</i> )	99,93	Ag, As, Bi, Cu, Fe, S, Sb, Ni, Zn
<b>Perak</b> ( <i>silver</i> )	99,95	Bi, Fe, Mn, Si S, Sn, Fe, Zn
<b>Seng</b> ( <i>Zinc</i> )	99,98	Cu, Cd, Pb, Sn

## B. Katoda

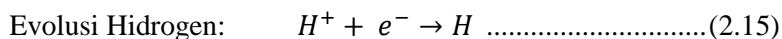
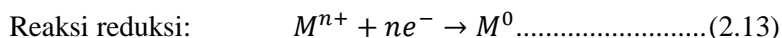
Katoda merupakan bagian dari elektroda yang disambungkan pada sumber arus negatif, dimana fungsi katoda tersebut merupakan logam yang akan dilapisi. Material yang akan dilapisi harus mempunyai kemampuan menghantarkan listrik atau bersifat konduktor agar proses elektroplating dapat berjalan, dan logam katoda dapat terlapisi oleh logam dari anoda (Saleh, 2014).

Karena katoda dialiri listrik bermuatan negatif, maka permukaannya akan bereaksi menaik kation logam (ion  $M^{+n}$ ), kemudian ion tersebut akan menjadi atom logam dan menempel ke permukaan katoda karena gaya elektrostatis.

Proses deposisi logam dari kation menjadi atom logam dan menempel pada permukaan dinamakan reaksi reduksi. Selain menarik ion logam dari elektrolit, penambahan muatan negatif oleh arus listrik menyebabkan permukaan katoda sangat reaktif

terhadap ion positif lain dari elektrolit seperti ion hidrogen ( $H^+$ ). Reduksi ion hidrogen tersebut menyebabkan terbentuknya molekul dan atom hidrogen. Karena ukurannya yang kecil, atom hidrogen berpotensi untuk berdifusi ke dalam benda kerja menyebabkan sifat getas (*Hidrogen embrittlement*). Pemberian arus yang berlebihan pada katoda menyebabkan *blister* pada hasil lapisan, yaitu retak lokal karena tekanan gas hidrogen pada antar muka benda kerja dan lapisan yang telah terbentuk (L. Oniciu 2009).

Reaksi yang terbentuk pada katoda merupakan reaksi reduksi dan evolusi Hidrogen pada Persamaan 2.13 hingga 2.16, secara sederhana ditunjukkan pada persamaan seperti berikut:



### C. Elektrolit

Pada dasarnya elektrolit terdiri dari ion hidrogen, oksigen, dan ion – ion larutan garam logam pelapis. Elektrolit berfungsi sebagai jembatan antara anoda dan katoda sekaligus sebagai penyedia ion logam pelapis, yang akan melapisi logam di katoda. Selama proses *electroplating* laju deposisi atom atau biasa disebut dengan efisiensi pelapisan serta hasil kualitas pelapisan akan dipengaruhi oleh konduktifitas listrik dari elektrolit yang akan digunakan, dimana konduktifitas listrik akan mempengaruhi laju transportasi ion menuju katoda tersebut (Li, Chao 2007).

Jadi larutan kimia atau yang biasa disebut dengan elektrolit itu berfungsi sebagai media penyuplai ion – ion logam pelapis membentuk endapan (lapisan) pada elektroda katoda atau pada benda kerja (Saleh, 2014). Sedangkan proses yang digunakan ialah proses ionisasi atau proses penguraian ion – ion dari larutan tersebut yang diakibatkan oleh adanya arus listrik yang mengalir,

yang mana ion – ion tersebut akan menjadi layer penutup atau lapisannya, sehingga penentuan jenis larutan elektrolit akan mempengaruhi lapisan apa yang ingin dibentuk pada logam katoda atau logam substrat. Elektrolit memiliki berbagai jenis sesuai dari bahan yang dipakai, larutan elektrolit dapat berupa asam, netral, dan alkalia, seperti  $H_2SO_4$ ,  $ZnSO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $NaCN$ ,  $CuCN$ ,  $NiSO_4$ .

Tiap jenis pelapisan memiliki jenis larutan yang berbeda – beda sesuai kebutuhan sifat elektrolit yang ingin dibentuk. Dan larutan elektrolit harus mempunyai sifat seperti *covering power*, *throwing power*, dan *levelling* yang baik. *Covering power* adalah kemampuan lapis permukaan yang artinya ialah kemampuan larutan tersebut untuk membentuk lapisan logam pada daerah substrat yang berlubang atau yang berceruk, sehingga saat *covering power* dari larutan itu baik, maka kemampuan untuk melapisi substrat juga baik (Generelic, Eni,2018). Sedangkan *throwing power* ialah daya lempar atau kemampuan elektrolit untuk menghasilkan lapisan yang sama tebalnya pada daerah yang memiliki kepadatan arus tinggi maupun pada daerah kepadatan arus yang rendah pada benda kerja yang rumit atau biasa. Sehingga kemampuan ini sangat dibutuhkan agar hasil dari ketebalan yang didapat merata akan ketebalannya (Nobuo, 1997). Dan *levelling* merupakan kemampuan dari elektrolit tersebut membuat atau menghasilkan endapan yang berbeda pada bagian daerah cekung dan bagian daerah yang memiliki tonjolan, untuk bagian yang bercekung atau berceruk akan membentuk lapisan yang tebal, dan pada bagian yang terdapat tonjolan akan menghasilkan ketebalan lapisan yang relatif kecil, sehingga tebal dari keseluruhan akan menjadi rata, dan menghasilkan kualitas yang baik. (L. Onicu, 1990)

Larutan elektrolit bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat lapisan tertentu. Sifat-sifat tersebut antara lain tampak rupa (*appearance*), kegetasan lapisan (*brittleness*), keuletan (*ductility*), kekerasan (*hardness*) dan struktur mikro lapisan yang terjadi (*microstructure*).

Elektrolit harus mengandung garam yang terlarut dari

logam untuk didepositkan. Garam tersebut akan larut dalam air dan membentuk ion. Secara umum, semakin kompleks dan banyak kandungan suatu ion maka akan membentuk lapisan semakin halus dan semakin efisien dalam proses elektroplating, begitupun sebaliknya. Elektrolit yang paling bagus dan kandungan ionnya yang kompleks ialah elektrolit dari ion sianida sehingga hal inilah yang menyebabkan elektrolit sianida sering digunakan, karena akan menghasilkan lapisan yang halus dan efisien dibandingkan dengan menggunakan elektrolit sulfat yang kandungan ionnya relatif sederhana.

#### **2.4 Pengerjaan Pendahuluan Proses Elektroplating**

Pengerjaan pendahuluan atau persiapan adalah proses pengerjaan mempersiapkan permukaan bahan yang akan dilapisi. Keberhasilan pengerjaan pendahuluan baik secara mekanik maupun kimia akan menentukan kualitas lapisan seperti kekuatan daya lekat (*adhesivitas*), ketahanan korosi (*corrosion resistance*), tampak rupa (*decorative*), ketangguhan, dan lain sebagainya. (Saleh, 2014). Kontraminasi permukaan dapat berupa kotoran organik, lemak, karat dan debu yang terdapat pada lingkungan atau proses sebelumnya dan akan menyebabkan kerusakan hasil pelapisan yang buruk.

Banyak sekali jenis – jenis pengotor yang menyebabkan kerusakan pada proses elektroplating, seperti pengotor organik seperti minyak dan anorgonaik seperti partikel – partikel akibat dari proses permesinan, dan hasil – hasil oksida maupun berkas – berkas korosi. Sehingga diperlukan suatu proses *pretreatment* yang sesuai untuk menghilangkannya dari permukaan logam tersebut.

Pada pengerjaan pendahuluan pada proses elektroplating, terdapat tiga fase ataupun tiga tahap, yaitu: pengerjaan secara mekanik, pengerjaan secara kimia, dan *rinsing*.

Pengerjaan Secara Mekanik. Pekerjaan dan proses ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan – goresan serta geram – geram yang masih melekat pada benda kerja, yang pada umumnya untuk proses preparasi pada

---

permukaan logam yang akan dilapisi secara mekanik. Pengerjaan secara mekanik untuk menghilangkan kotoran dan goresan – goresan yang terdapat pada logam substrat ialah dengan penyemprotan *abrasive*, poles, *buffing*, penyikatan, dan *barrelling* (Tromans, 1978).

Pengerjaan Secara Kimia Pengerjaan secara kimia merupakan suatu upaya pembersihan dan proses *pretreatment* pada suatu logam sebelum proses pelapisan elektroplating menggunakan larutan kimia. Penggunaan larutan kimia ini bertujuan agar terjadi rekasi yang dapat memisahkan pengotor dari permukaan benda kerja (Saleh, 2014). Pada proses pengerjaan secara kimia, terdapat 2 cara dalam proses pengerjaan *pretreatment* secara kimia:

- *Degreasing*

*Degreasing* merupakan suatu upaya pembersihan dengan perlakuan kimiawi dengan tujuan untuk membersihkan benda kerja dari pengotor seperti lemak, minyak dan atau pengotor pada yang lainnya dengan menggunakan larutan khusus *degresing* berjenis basa atau alkali.

Lemak dan minyak yang menempel pada permukaan logam yang ingin dilapis akan mengganggu proses pelapisan, karena minyak dan lemak dapat mengurangi daya hantar listrik antara ion pelapis dengan benda kerja, sehingga proses deposisi dari material pelapis akan terhalang dan tidak dapat melapisi secara sempurna.

Banyak sekali metode *degreasing* tapi yang biasa dipakai ialah menggunakan *dipping* atau celup. Pada proses celup, material yang ingin dilakukan *degreasing* dicelupkan pada larutan basa atau alkali pada kondisi panas dengan temperature 60°C – 70°C dengan rentan waktu 5 – 15 menit tergantung jumlah kotoran yang menempel pada permukaan, semakin banyak dan tebal kotoran yang menempel pada permukaan maka akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Larutan alkali atau basa yang sering digunakan ialah NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>4</sub>SiO<sub>3</sub>, Na<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. (ASM Handbook Vol 5).

- *Pickling*

*Pickling* merupakan proses pencucian dengan larutan asam untuk tujuan pembersihan bekas – bekas karat dan oksida pada permukaan logam yang ingin dilapisi secara kimia melalui perendaman. Reaksi proses *pickling* sebetulnya adalah proses elektrokimia dalam sel galvanis antara logam dasar (anoda) dan oksida (katoda). Gas  $H_2$  yang timbul dapat mereduksi ferri oksida menjadi fero oksida yang mudah larut. Larutan yang digunakan dalam proses *pickling* terdiri dari 3 larutan berbeda, yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam florida (HF). Dalam proses *pickling* harus menggunakan waktu yang tepat, karena pada proses *pickling* sangat rentan terjadi terkena *over pickling* atau lubang yang kecil dan mampu memakan logam dasar, serta bisa membuat *hydrogen embrittlement* atau kerapuhan hidrogen, sehingga diperlukan waktu yang pas, secara umum waktu dalam proses *pickling* ialah 5 – 15 menit. (ASM Handbook Vol 5).

*Rinsing*. merupakan suatu tahap pembilasan menggunakan aquades pada benda kerja setelah melakukan proses tahapan pelapisan atau elektroplating. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan residu larutan (*Drag-Out*) yang merupakan larutan yang tertinggal di permukaan benda setelah melakukan proses elektroplating pada *wet plating* sebelum dipindahkan ke perlakuan yang lain (Lewinhen, 1978).

## 2.5 Faktor yang Mempengaruhi proses Elektroplating

Setelah melakukan proses *pretreatment* dan mempersiapkan segala yang diperlukan untuk proses elektroplating, maka benda kerja siap dilakukan proses elektroplating, namun dalam proses elektroplating terdapat faktor – faktor yang mempengaruhi hasil dari lapisan elektropaling yang menentukan berhasil atau tidaknya dan baik atau buruknya hasil dari kualitas pelapisan, sehingga faktor – faktor yang terdapat dalam elektroplating harus benar diperhatikan dan diperhitungkan. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi proses elektroplating yaitu:

### 1. Rapat Arus (*Current density*)

Rapat arus merupakan suatu bilangan yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir perluas unit elektroda, rapat arus dibedakan menjadi dua macam, yaitu rapat arus katoda (*Cathode Currenty*) dan rapat arus anoda (*Anode current*). Karena dalam proses elektroplating, logam yang akan dilapisi berada di fungsi katoda, dan prinsip dari proses elektroplating yaitu, melapisi katoda dengan ion – ion pelapis menggunakan arus listrik. Maka yang perlu diperhitungkan dalam penentuan arus listrik cukup menggunakan rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom – atom logam pada tiap satuan luas benda yang akan dilapisi. Satuan rapat arus dinyatakan dalam  $A/dm^2$ ,  $A/Ft^2$ ,  $A/in^2$ . Rapat arus dapat dituliskan dalam bentuk persamaan 2.17.

$$CD = \frac{I}{A} \left( \frac{A}{dm^2} \right) \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

- $CD$  = Rapat arus ( $A/dm^2$ )  
 $I$  = Arus yang dialirkan ( $A$ )  
 $A$  = Luas permukaan katoda ( $dm^2$ )

Dalam proses elektroplating, semakin tinggi rapat arus yang digunakan, maka akan menyebabkan semakin cepat proses pelapisan, namun apabila rapat arus yang digunakan terlalu tinggi akan menyebabkan lapisan yang terbentuk ialah lapisan yang kasar, dan bisa menyebabkan katoda menjadi terbakar atau menghitam. Sehingga diperlukanlah rapat arus yang cukup dan sesuai (Leweinhen FA.2010).

Besaran kerapatan arus yang optimal untuk perendaman pada proses pelapisan elektroplating yang diberikan tergantung pada komposisi garam pada larutan elektrolit, kondisi operasi dan jenis pelapisan yang didapatkan. Kerapatan arus anoda juga merupakan parameter pelapisan yang penting dan harus dikontrol dengan baik. Hal ini dapat dilakukan dengan melalui penyesuaian



---

luasan anoda dan proporsi jumlah yang terdiri dari logam yang diendapkan (Sunil, 2015).

## 2. Tegangan (*Voltage*)

Rapat arus dan tegangan akan saling berhubungan, sehingga harus ditentukan perubahan yang tetap agar menghasilkan kualitas elektroplating yang cocok dan bagus. Dalam proses elektroplating, nilai tegangan yang dipakai bergantung pada jenis, komposisi, dan kondisi elektrolit. Pada dasarnya, rapat arus dapat dinaikkan atau diubah dengan penaikan atau perubahan tegangan, namun menaikkan tegangan dapat mengakibatkan terjadinya polarisasi dan tercapainya tegangan batas, yaitu tegangan maksimal dalam proses elektroplating yang mengakibatkan atau batas tidak terjadinya lagi aliran arus yang melalui larutan elektrolit.

## 3. Waktu Proses Elektroplating

Secara umum, ketebalan pelapisan meningkat secara langsung secara proporsional dengan waktu dan arus pelapisan. Menurut Hukum Faraday, aliran muatan kuantitas,  $Q$  dalam larutan sebanding dengan aliran arus,  $I$  dan juga waktu Aliran,  $t$  seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.18 di bawah ini.

$$Q = i * t \dots\dots\dots(2.18)$$

Sehingga waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapis. Kenaikan waktu pelapisan akan memperbanyak pengendapan sehingga akan mempengaruhi morfologi, dan ketebalan (Sunil, 2015).

Waktu proses elektroplating juga akan menyebabkan atau menentukan tebal lapisan yang terbentuk, dimana semakin lama waktu proses elektroplating berlangsung maka tebal dari lapisan yang terbentuk juga akan semakin tebal. Seperti pada Persamaan 2.19 berikut

$$B = \frac{I.t.e}{F} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

- B= berat zat yang terbentuk (gram)  
 I = kuat arus yang mengalir (ampere)  
 t = waktu (s)  
 e = berat ekuivalen yang dibebaskan (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut)  
 F = jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah gram ekuivalen suatu zat (1 F = 96500 C)

Terlihat dalam rumusan tersebut, bahwasannya apabila waktu pelapisan semakin besar, dengan kuat arus, tetap maka berat zat pelapis yang terbentuk akan semakin membesar juga, dengan membentuk ketebalan pada lapisan yang terdeposisi pada katoda (Davis, 2002).

#### 4. Jarak Anoda – Katoda

Jarak antara anoda dan katoda juga akan mempengaruhi hasil dari elektrolating, jarak antara anoda dan katoda menentukan besarnya keseragaman tebal lapisan yang dihasilkan. Besarnya hantaran arus listrik berbanding terbalik dengan nilai antara anoda dan katoda. Karena jarak antara anoda dan katoda kecil maka hambatan yang terjadi menjadi kecil dan konduktivitasnya menjadi besar, sehingga untuk menghasilkan arus yang sama diperlukan tegangan yang lebih rendah.

Jarak anoda-katoda sangat berpengaruh terhadap hasil ketebalan pelapisan, hal ini disebabkan karena semakin pendek jarak antara elektroda katoda dan anoda maka hasil pelapisan yang terbentuk semakin besar sehingga daya ikat molekul katoda atau molekul dari substratnya dengan logam pelapis semakin kuat, sedangkan jarak elektroda antara anoda dan katoda semakin besar maka hasil pelapisan yang terbentuk semakin tipis sehingga daya ikat molekul antara logam substrat dengan logam pelapis semakin rendah, dan ini akan menyebabkan daya lekat antara pelapis dengan substrat juga akan kurang (Davis,..2002).

## 5. Temperatur

Temperatur dari larutan elektrolit akan mempengaruhi hasil lapisan, peningkatan temperatur akan menyebabkan daya kelarutan menjadi besar dan akan terjadi penguraian garam logam logam yang akan menyebabkan tingginya konduktivitas dan menambah mobilitas ion logam, namun hal itu akan menyebabkan angka viskositas menjadi berkurang sehingga endapan ion logam atau disposisi anoda pada katoda akan akan membuat semakin cepat proses sirkulasi atau proses elektroplatingnya.

Temperatur larutan elektrolit yang tinggi secara umum dapat mengurangi lebih sedikit adsorpsi atau masuknya hidrogen pada endapan lapisan pada katoda, sehingga akan mengurangi stress atau tegangan dan kecenderungan ke arah retak, atau secara umum akan mengurangi *hydrogen embrittlement*. Namun setiap jenis proses elektroplating memiliki rentang temperature optimum, dimana ketika temperatur proses berada di atas temperatur maksimum menyebabkan endapan terbakar, gosong, dan menyebabkan kerusakan pada hasil lapisan (Sunil, 2015).

Temperatur juga mempengaruhi rapat arus yang dihasilkan. Besar rapat arus dari ion-ion yang berada dalam larutan elektrolit dapat dihitung dengan Persamaan 2.20 dan Persamaan 2.21 di bawah ini

$$J_p = k T \mu_p \frac{dP}{dx} - Pq\mu_p \frac{dV_m}{dx} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$J_n = k T \mu_n \frac{dN}{dx} - Nq\mu_n \frac{dV_m}{dx} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

- $J_p$  = rapat arus internal ion positif
- $J_n$  = rapat arus internal ion negatif
- $k$  = konstanta Boltzman
- $T$  = temperatur
- $\mu_p$  = mobilitas ion positif
- $\mu_n$  = mobilitas ion negatif
- $P$  = konsentrasi ion positif
- $N$  = konsentrasi ion negatif

---

$V_m$  = beda potensial

Dari Persamaan 2.20 dan 2.21 dapat dilihat bahwa temperatur berbanding lurus dengan rapat arus internal yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi temperatur larutan elektrolit maka rapat arus internal juga akan semakin besar (Roza, 2013).

## 6. pH larutan

pH dipakai untuk untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit dan dalam operasi lapis listrik, tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat atau mengecek kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang lebih baik. Nilai pH pada larutan elektrolit harus dipertahankan untuk hasil pelapisan yang baik, karena pH rendaman akan mempengaruhi tegangan evolusi hidrogen dan akan mempengaruhi hasil dari lapisan yang disebabkan oleh kandungan pH yang terbentuk. (Sunil. 2015)

## 7. Agitasi

Agitasi atau perlakuan mekanik pada proses elektroplating perlu dilakukan, karena pada proses elektroplating larutan sekitar katoda menjadi kurang pekat atau encer, karena sebagian ion logam terendap pada benda kerja sehingga menyebabkan arus listrik akan bergerak ke bagian atas larutan. Hal ini akan menyebabkan difusi ketebalan lapisan berkurang sedangkan rapat arus bertambah. Sehingga perlu dilakukan perlakuan agitasi untuk mendapatkan hasil lapisan dengan butir yang halus dan tebal yang merata. Dalam proses agitasi terdapat beberapa metode dalam melakukan perlakuan agitasi, (ASM Handbook Vol 5) yaitu:

- a. Agitasi dengan udara, secara umum agitasi dengan udara menggunakan *blower* bertekanan rendah, dimana udaranya dialirkan dari pipa yang dihubungkan dengan *blower* ditempatkan di dasar larutan elektrolit.
- b. Agitasi dengan civitasi (*ultrasonic*), prinsip kerjanya dengan menggunakan cara mempergunakan suatu generator frekuensi tinggi yang mengirimkan pulsa listrik menjadi

---

gelombang udara dengan batuan tranduser yang dicelupkan dalam larutan.

- c. Agitasi dengan cara sirkulasi larutan
- d. Agitasi konveksi
- e. Agitasi secara mekanik, menggunakan pergerakan katoda (*cathode movement*) dan propeller pengaduk

## 8. Distribusi Arus

Lintasan arus dari anoda ke katoda tidak semuanya lurus, melainkan cenderung melengkung, terutama yang berasal dari ujung anoda ke ujung katoda. Keadaan ini mengakibatkan rapat arus pada ujung-ujung elektroda menjadi lebih besar sehingga endapan yang terbentuk pada bagian ujung cenderung lebih tebal. Pada proses elektroplating untuk benda-benda yang rumit sering dihasilkan permukaan yang tidak rata, terutama di daerah-daerah yang berlekuk. Untuk mengatasinya, biasanya digunakan anoda sekunder untuk daerah-daerah tersebut. Sedangkan pada daerah dengan rapat arus tinggi (biasanya di bagian ujung) dapat dipasang pemecah arus yang biasanya berupa plastik berbentuk sikat gigi (Lewinhen FA, 2010).

## 9. Aditif

Aditif merupakan zat tambahan dengan jumlah kecil yang dimaksudkan untuk mengatur pertumbuhan kristal sehingga diperoleh hasil plating dengan kualitas yang baik meliputi kecerahan dan kekilapan (*bright*) dan kekerasan (*hard*). Pemberian aditif dapat pula memperbaiki *levelling*. Aditif umumnya berupa senyawa organik yang bekerja pada rentang temperatur tertentu dan dapat rusak selama proses berlangsung (Lewinhen FA, 2010).

### 2.6 Bahan Pelapis

Dalam proses penelitian ini terdapat beberapa unsur yang digunakan dalam proses pelapisan elektroplating, yaitu:

#### 2.6.1 Tembaga

Tembaga dengan nama kimia Cupprum dilambangkan dengan Cu, unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna

kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atom (BA) 63,546. Unsur tambahan di alam dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau dalam senyawa padat dalam bentuk mineral. Dalam badan perairan laut tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan ion seperti  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{CuOH}$ , dan sebagainya (ASM handbook Vol 5).

Tembaga dan paduan berbasis tembaga, yang memiliki kombinasi sifat fisik yang diinginkan, telah digunakan dalam berbagai aplikasi sejak jaman dahulu. Sebagian besar paduan tembaga tidak dapat dikeraskan atau diperkuat dengan prosedur perlakuan panas; akibatnya, pengerjaan dingin dan atau paduan larutan padat harus digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik ini. Contoh paduan tembaga yang paling umum adalah *brass* (kuningan) yang merupakan paduan tembaga dengan seng. Selain itu *bronze* juga merupakan paduan tembaga dengan beberapa unsur meliputi timah, aluminium, silicon dan nikel. Paduan *bronze* agak lebih kuat daripada *brass*, walaupun masih kalah dalam tingkat ketahanan korosinya (Callister, 2007).

Tembaga merupakan salah satu logam *nonferrous* yang memiliki kekuatan yang cukup tinggi untuk dapat digunakan tanpa harus berupa paduan. Tembaga yang tingkat kemurniannya sangat tinggi memiliki massa jenis sebesar  $8,933 \text{ g/cm}^3$  (Purwanto, 2006). Tembaga memiliki konduktivitas panas dan listrik yang sangat baik, dan mempunyai ketahanan korosi yang baik pula. Penggolongan lapisan tembaga pada suatu material baja karbon dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tembaga yang menutupi permukaan baja. Dari penggolongan ini nantinya dapat dispesifikasikan aplikasi yang mungkin digunakan (Callister, 2007).

### 2.6.2 Nikel

Nikel adalah logam berwarna perak keabu-abuan mempunyai sel satuan FCC dengan massa jenis 8,7, hampir sama dengan Cu. Nikel baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan

---

korosinya, tidak rusak oleh air kali atau air laut dan alkali. Tetapi bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit tahan korosi terhadap HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nikel digunakan sebagai unsur paduan untuk baja, paduan tembaga, dan paduan nikel tahan panas (Surdia,2000).

Nikel merupakan logam yang banyak digunakan dalam industri pelapisan logam karena nikel mempunyai sifat tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan dan kekerasan yang cukup baik, serta memiliki daya hantar listrik yang baik. Selain itu nikel memiliki kekuatan dan kekerasan sedang, dengan keuletan yang baik serta daya hantar listrik dan termal yang baik. Pada elektroplating, nikel biasanya digunakan sebagai katalis. Nikel merupakan pelapis logam yang sangat peka responnya terhadap aditif-aditif bak plating (Kaneko, 1992).

Oleh karena tampak rupa yang mampu menghasilkan tampilan yang mengkilap, maka lapisan nikel dijadikan lapisan dasar untuk lapisan *finishing*. Sehingga nikel terutama dilapiskan ke barang – barang logam yang kemudian dilapiskan lapisan utama seperti lapisan chrom dan kuningan, sehingga mampu meningkatkan tampak rupa yang baik dan menghasilkan kekilauan yang baik, atau biasa dikenal dengan sistem *flash plating* (Saleh, 2014).

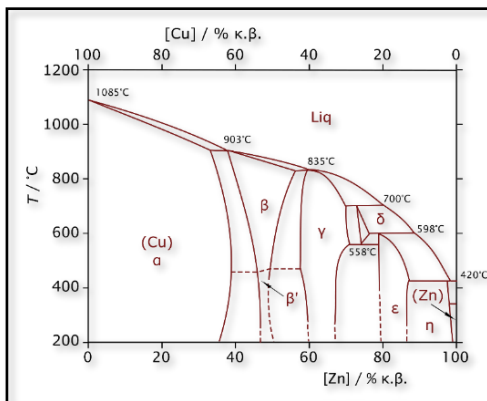
### 2.6.3 Kuningan

Kuningan merupakan logam paduan yaitu paduan antara tembaga seng. Paduan ini memiliki kekuatan dan *ductility* yang baik dan mudah di *cold worked* seiring dengan meningkatnya kandungan seng hingga 35%. Warna kuningan bervariasi dari merah ke kuning keemasan, tergantung pada jumlah seng yang dikandung dalam paduan tersebut (Callister, 2007).

Walaupun sebagai logam paduan, tetapi arena sifat – sifat tersebut terutama sifat tanpa rupanya seperti emas maka kuningan banyak digunakan untuk dekorasi, bisa untuk aplikasi yang membutuhkan gesekan rendah seperti kunci, roda gigi, bantalan, gagang pintu dan katup, dapat pula untuk pipa dan listrik, dan digunakan secara luas dalam alat musik kuningan seperti klakson

dan lonceng dimana kombinasi dari kemampuan kerja yang tinggi (secara historis dengan alat-alat tangan) dan daya tahan yang diinginkan. Kuningan sering digunakan dalam situasi dimana percikan api tidak menjadi hal yang penting, seperti pada *fitting* dan alat yang digunakan di dekat bahan yang mudah terbakar atau meledak.

Lapisan kuningan juga digunakan untuk menaikkan daya ikat pada permukaan bahan dasar baja (*enhance adhesion of rubber to steel*) sebagai bantalan, tetapi harus diperhatikan karena lapisan kuningan mempunyai kelemahan yaitu cepat ternoda membentuk warna hijau, oleh karena itu perlu dilakukan tambahan lapisan varnish transparan dengan *lacquer* (Azhar, 2014).



**Gambar 2. 3** Diagram Fasa CuZn (ASM Handbook vol 3)

Kuningan mempunyai seng dengan kadar bervariasi antara 10% sampai 40%. Kekuatan, kekerasan dan keuletan paduan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar seng, bila kadar seng lebih dari 40% akan terjadi penurunan kekuatan dan sewaktu dilebur seng akan menguap. Seng membuat tembaga lebih sempurna sehingga akan menjadi lebih keras dan karena itu lebih baik untuk dikerjakan dengan mesin (Lawrence, 1992.).

Warna lapisan kuningan dapat diatur sesuai dengan



komposisi bahan kimia dan anoda yang digunakan, serta memvariasikan kondisi operasi seperti rapat arus, temperatur, tegangan, dan pH larutan, misal untuk mendapatkan warna lapisan kuning muda, maka unsur seng yang ditingkatkan sebaliknya jika yang diinginkan warna kuning tua atau kemerah – merahan, maka unsur tembaga yang ditingkatkan (Azhar, 2014).

Diagram Fasa Cu-Zn terdiri dari enam fasa yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$ , dan  $\eta$ . Dapat pada Gambar 2.3 Dari semua fasa itu yang penting secara industri adalah logam kuningan dengan fasa  $\alpha$ , dan  $\beta$ . fasa  $\alpha$  mempunyai struktur FCC dan  $\beta$  mempunyai struktur BCC ada juga fasa  $\beta'$  dengan kisi super. Dari diagram fasa untuk paduan tembaga seng 70%-30 %, fasa  $\alpha$  merupakan fasa lunak dan mudah dikerjakan, sedangkan paduan tembaga seng 60 – 40, adalah merupakan fasa  $\alpha + \beta$  yang mempunyai kekuatan tinggi dan paduan ini mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (Surdia, 2000).

## 2.7 Mekanisme Proses Elektroplating

Dalam proses elektroplating kuningan ini terdapat beberapa proses dan mekanisme

### 2.7.1 Elektroplating Tembaga

Penerapan pelapisan tembaga sangat luas, karena pelapisan dengan tembaga dapat meningkatkan tampak rupa (*decorative*) dan meningkatkan nilai mekanik atau sifat dari benda yang dilapisi serta mampu meningkatkan akan ketahanan korosi. Selain itu, pelapisan tembaga umumnya digunakan sebagai lapisan dasar atau lapisan *strike* karena mampu membantu meningkatkan daya rekat ataupun membantu menaikkan sifat dari material yang ingin dilapiskan, seperti contoh pada pelapisan nikel-krom dekoratif digunakan sebagai lapisan dasar sebelum melakukan proses elektroplating tersebut dilakukanlah plating menggunakan tembaga terlebih dahulu, selain itu sebagai pembentuk produk menggunakan metode endapan (*electroforming*) pada komponen – komponen listrik. Sehingga dengan penggunaan lapisan tembaga terlebih dulu mengakibatkan elektroplating tersebut berlapis layer (pelapisan ganda), hal ini dilakukan karena untuk menutupi pori –

---

pori pada substrat dengan tembaga sehingga lapisan yang ingin dihasilkan akan berdampak mulus dan mengurangi biaya pemrosesan serta menghambat kerusakan. Selain itu pelapisan ganda menggunakan tembaga juga bertujuan untuk memperbaiki *throwing power* benda yang akan dilapisi. (ASM Handbook Vol 5)

Secara umum, pelapisan tembaga terdiri dari 2 macam metode, yaitu menggunakan larutan jenis basah (alkali) dan asam (*acid*) dimana dalam proses elektroplating basah atau alkali menggunakan larutan jenis tembaga sianida dan tembaga *pyrophospat*. Sedangkan pada saat jenis asam dikelompokkan menjadi tembaga sulfat dan tembaga *fluoborat*. Namun secara umum, yang digunakan dalam proses *electroplating* tembaga ialah, jenis tembaga sianida ataupun tembaga asam sulfat, mapun penggunaan keduanya (Saleh, 2014).

#### 1. Tembaga Asam Sulfat

Larutan tembaga sulfat mengandung ion-ion tembaga bervalensi dua dan mempunyai *throwing power* yang rendah serta tidak dapat langsung melapiskan besi atau baja, karena akan terjadi reaksi Fe dan  $SO_4$  membentuk lapisan  $FeSO_4$ . Oleh karena itu sebaiknya logam besi/baja tersebut dilapisi terlebih dahulu dengan tembaga bervalensi satu yaitu tembaga sianida. Kondisi operasi larutan tembaga sulfat selain dapat dioperasikan dalam temperatur kamar dan rapat arus rendah, juga dapat dioperasikan pada temperatur tinggi dengan cara menambah daerah rapat arus yang lebih tinggi (Schlesinger, 2004).

Larutan jenis asam sulfat digunakan untuk melapisi produk tidak mudah terserang oleh larutan kimia dan dapat memenuhi ketebalan yang diinginkan dengan cepat, namun larutan jenis asam sulfat ini sulit untuk melapisi bahan dasar *ferro* dan seng sebelum ada lapisan sebelumnya (Saleh 2014). Larutan tembaga sulfat mempunyai keuntungan, antara lain, cocok untuk proses *electroforming*, menghasilkan lapisan yang tebal, lebih stabil dan mudah penggunaannya, komposisi larutan tidak terlalu kritis, lapisan mudah untuk menutupi goresan, tidak mempunyai masalah

yang kompleks terhadap pencemaran, mempunyai daya lempar yang rendah, serta tidak dapat langsung melapisi besi atau baja.

Komposisi dan parameter operasinya tembaga sulfat terdapat dalam Tabel 2.4 di bawah ini;

**Tabel 2. 4** Komposisi dan Kondisi Operasi Larutan Tembaga Sulfat (Schlesinger, 2004).

Parameter	Sulfate		
	Typical	Average Range	High Throw
Cu metal, g/L	57	38-64	15-23
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O, g/L	225	150 – 250	60 – 90
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , g/L	60	30 – 75	170 – 220
Cl <sup>-</sup> , g/L	0.05	0.20 – 0.12	0.05 – 0.10
Cu (BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , g/L			
HBF <sub>4</sub> , g/L			
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , g/L			
pH	<0	<0	<0
Temperature, °C	25	20 – 45	20 – 30
Cathode current density, A/m <sup>2</sup>	300 - 700	300 – 700	300 – 700
anodes		0.02 – 0.08% Pcu	

## 2. Tembaga Sianida

Tembaga sianida termasuk ke dalam jenis alkali, yang mudah dikontrol, dan menghasilkan lapisan yang tipis dan rata. Lapisan tembaga yang dihasilkan oleh larutan elektrolit tembaga

alkali akan menghasilkan warna yang terang, mengkilap karena ion-ion yang terkandung di dalamnya bervalensi satu. Aplikasinya ialah sebagai lapisan dasar sebelum lapisan yang lainnya, entah untuk melindungi logam yang dilapisi atau untuk menambah daya lekatnya. Juga untuk meningkatkan permukaannya dalam kemampuan soldernya, pelumasannya, *rotogravure*, dan dekoratif plating pada *zinc die casting* (Horner,1999).

**Tabel 2. 5** Komposisi Larutan Tembaga Sianida  
(Schlesinger, 2004).

<i>Constituent</i>	<i>Strike, g/L</i>		<i>Rochelle, g/L</i>		<i>High efficiency, g/L</i>	
	<i>Typical</i>	<i>Limit</i>	<i>Typical</i>	<i>Limit</i>	<i>Typical</i>	<i>Limit</i>
<i>CuCN</i>	22	12-30	26	19-45	75	49-127
<i>NaCN</i>	33	23-48	35	26-68	102	62-154
<b>Or</b>						
<i>KCN</i>	43	31-64			136	76-178
<i>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></i>	15	0-15	30	15-16		
<i>NaOH</i>					15	31-52
<b>Or</b>						
<i>KOH</i>					15	31-52
<i>Rochelle Salt (KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O)</i>	15	15	45	30-60		
<i>By analysis</i>						
<b>Cooper</b>	16	11-21	18	13-32	55	34-89
<b>Free Cyanide</b>	9	6-11	6	4-9	19	10-20

Tembaga sianida akan larut dalam air, sehingga diperlukan garam – garam kompleks yang berfungsi untuk menguraikan ion - ion tembaga yang akan digunakan sebagai pelapis. Makin tinggi konsentrasi tembaga sianida, efektifat pelapisan makin meningkat, begitu pula arusnya. Larutan tembaga sianida mempunyai keuntungan, antara lain; Proses operasional yang murah dan sederhana, dapat langsung melapisi logam *ferro* maupun *nonferro* karena valensi satu, mempunyai *throwing power* yang tinggi, cocok untuk melapisi benda kerja yang kompleks.

Pada umumnya pada larutan ditambahkan larutan kimia untuk meningkatkan sifat dari larutan tersebut seperti pada Tabel 2.5, sebagai contoh sebagai berikut.

- Basa (NaOH atau KOH) karena berfungsi untuk memperbaiki pengikisan anoda, konfuktifitas listrik, *throwing power* dan sebagai pengatur pH,
- Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) berfungsi sebagai untuk memudahkan pengontrolan pH larutan serta
- Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) berfungsi sebagai untuk memudahkan pengontrolan pH larutan serta mengurangi polarisasi anoda
- *Rochelle Salt* ( $\text{NaK}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)$ ) berfungsi untuk mengurangi pengikisan anoda serta memperlambat terbentuknya karbonat.

### 2.7.2 Elektroplating Nikel

Pelapisan nikel ada dua cara yaitu secara elektroplating dan *electroless* (tanpa listrik). Proses elektroplating terjadi karena adanya perpindahan ion-ion nikel dari anoda dan larutan, sesuai arus listrik yang dialirkan dan mengendap pada permukaan katoda atau benda kerja. Aplikasinya sangat luas dibandingkan secara *electroless*, sebab elektroplating dapat divariasikan baik warna, kehalusan maupun struktur lapisannya. Elektroplating nikel banyak digunakan sebagai dekoratif sebab hasilnya mengkilap.

**Tabel 2. 6** Komposisi Larutan Tembaga Nikel  
(Schlesinger, 2004).

<i>Electrolyte composition (g/L)</i>			
	Watts Nickel	Nickel Sulfamate	Basic semibright bath
Nickel sulfate, NiSO <sub>4</sub> 6H <sub>2</sub> O	225 – 400		300
Nickel Sulfamate, Ni (SO <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> )		300 – 450	
Nickel Chloride, NiCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	30 – 60	0 – 30	35
Boric Acid, H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30 – 45	30 – 45	45
<i>Operating Conditions</i>			
Temperature, °C	44 – 66	32 – 60	54
agitation	<i>Air or mechanical</i>	<i>Air or mechanical</i>	<i>Air or mechanical</i>
Cathode current density (A/dm <sup>2</sup> )	3 – 11	0.5 – 30	3 – 10
anodes	nickel	nickel	nickel
pH	2 – 4.5	3.5 – 5.0	3.5 – 4.5
<i>Mechanical Properties</i>			
Tensile strength, MPa	345 – 485	415 – 610	
Elongation, %	10 – 30	5 – 30	8 – 20
Vickers hardness, 100-g load	130 – 200	170 – 230	300 – 400
Internal Stress, MPa	125 – 185 (tensile)	0 – 55 (tensile)	35 – 150 (tensile)

Jenis larutan yang paling banyak diterapkan adalah Larutan Watts, larutan nikel sulfat, larutan nikel klorida tinggi, dan nikel sulfamat. Selain itu terdapat pula larutan nikel fluoborat dan larutan *black nickel*. Larutan watts merupakan campuran dari nikel

sulfat dan garam klorida. Kandungannya terdiri dari nikel sulfat  $\text{NiSO}_4$  sekitar 300 g/L, nikel klorida  $\text{NiCl}_2$  sekitar 60 g/L dan asam boric  $\text{H}_3\text{BO}_3$  sekitar 40 g/L. Total kandungan nikel dalam larutan sekitar 80 g/L. pH larutan dipertahankan pada 3 hingga 4,5. Temperatur operasinya pada 40-70°C dan rapat arus 1-10  $\text{A.dm}^{-2}$  (Di Bari, 2003).

Pada proses pelapisan nikel dengan listrik, arus searah yang digunakan selain untuk menguraikan ion nikel, juga dimanfaatkan untuk pelepasan ion hidrogen yang ada di dalam larutan sewaktu proses reduksi oksidasi berlangsung. Dalam keadaan normal, efisiensi penguraian ion nikel mencapai seratus persen tetapi bila pH tinggi akan terjadi pelepasan ion hidroksil, sehingga kelarutan nikel dan oksigen akan terikat pada anoda nikel dan anoda nikel menjadi pasif, untuk itu kondisi operasi pelapisan harus benar – benar terkontrol. Hasil lapisan ini tergantung pada aspek seperti pH, rapat arus, temperatur, dan pengadukan/agitasi (Saleh, 2014). Sedangkan menurut Schlesinger, 2004, komposisi pada proses elektroplating nikel ialah sebagai berikut, seperti pada Tabel 2.6.

### 2.7.3 Elektroplating Kuningan

Kuningan merupakan salah satu logam paduan antara tembaga dan seng dengan persentase tertentu tergantung dengan sifat – sifat fisik dan tampak rupa yang diinginkan, semakin tinggi kandungan tembaganya maka akan nampak semakin merah atau terlihat kuningnya, sedangkan apabila lebih tinggi sengnya akan lebih terlihat pucat dan terlihat tidak terlalu kuning. Elektroplating kuningan pertama kali dilakukan pada tahun 1841 oleh kimiawan Jerman, dengan menggunakan larutan sianida. Walaupun sebagai logam paduan, tetapi karena memiliki sifat – sifat seperti emas maka kuningan banyak digunakan untuk dekorasi, sehingga proses pelapisan dengan kuningan rata – rata digunakan untuk kepentingan dekoratif. Sejak awal, elektroplating kuningan digunakan sebagai fungsi dekoratif, dengan lapisan tipis *bright nickel* sebagai lapisan dasarnya.

Secara umum elektroplating kuningan menggunakan larutan sianida, karena larutan, tersebut relatif stabil, karena kompleksitas dari sianida dengan tembaga dan seng sangat stabil dan dalam urutan yang tepat sehingga deposisi tegangan tembaga dan seng sangat dekat (Saadatmand, 2011). Semua pelapisan kuningan yang bermanfaat didasarkan pada sianida. Pelapisan kuningan non-sianida mungkin dilakukan dan telah digunakan secara komersial, tetapi dengan keberhasilan terbatas. Karena kompleks sianida yang stabil, rasio tembaga terhadap seng dalam larutan tidak berhubungan dengan paduan berlapis. Beberapa bahan dan kondisi serta konsentrasi elektroplating dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2. 7** Komposisi dan Kondisi Operasi Larutan (Saleh, 2014)

BAHAN & KONDISI OPERASI	KONSENTRASI (GR/L)			
BAHAN:	I	II	III	IV
<b>COPPER CYANIDE</b> (CuCN)	30-60	30-65	45	75
<b>ZINC CYANIDE</b> (ZnCN)	7,5-15	10	7,5	5
<b>SODIUM CYANIDE</b> (NaCN)	15-30	50	75	125
<b>SODIUM CARBONATE</b> (NaCO <sub>3</sub> )	22,5-105	7,5	7,5	-
<b>SODIUM BICARBONATE</b> (NaHCO <sub>2</sub> )	-	10	10	-
<b>AMMONIUM</b> (NH <sub>4</sub> OH)	-	2,5-5 ml/L	0,6-1,2 ml/L	-
<b>SODIUM HYDROXIDE</b> (NaOH)	-	-	-	45
<b>KONDISI OPERASI:</b>				
<b>TEMPERATUR</b> (°C)	50-60	25-35	33-52	65-70
<b>RAPAT ARUS</b> (A/DM <sup>2</sup> )	0,54-1,62	2-2,2	1,6-6,2	1,08-8,06
<b>PH</b>	10-11,5	10-10,2	10-11	10-11,7

Untuk aplikasi barang-barang dekoratif, biasanya dikerjakan dengan sistem *flash plating* yaitu diawali terlebih dahulu dengan lapisan dasar nikel mengkilap, karena lapis nikel ini yang menentukan tingkat mengkilapnya lapisan kuningan dan



diakhiri lapisan vernis. Sehingga larutan pelapisan kuningan juga tidak mengandung bahan pengkilap (*brightener*) karena lapisan pengkilapnya didapat dari pelapisan nikel. Larutan untuk elektroplating kuningan yang biasa digunakan secara komersial sifatnya alkali, belum ada yang bersifat asam, sehingga bahan dasar sianida merupakan unsur utama dalam larutan elektroplating kuningan. Larutan kuningan yang sering digunakan ialah yang mengandung 70%-80% tembaga dan sisanya seng dengan kondisi konsentrasi berimbang sesuai dengan warna lapisan kuningan yang diinginkan (Saleh, 2014).

Fungsi dari bahan – bahan larutan elektroplating kuningan ialah seperti berikut:

- **CuCN**, Tembaga Sianida merupakan pembentuk sianida kompleks, konsentrasinya dapat berubah-ubah dalam interval produksi tertentu sedangkan logam tembaga sebagai unsur utama dalam menentukan efisiensi pelapisan. Konsentrasi tembaga lebih rendah akan menyebabkan menurunnya efisiensi, tetapi akan meningkatkan daya lempar dan mainkan rapat arus.
- **ZnCN**, Zeng Sianida adalah sebagai bahan dasar untuk menghindari operasi yang tidak stabil, konsentrasinya seng sianida yang paling baik mengandung kira – kira sepertiga konsentrasi tembaga sianida. Perbandingan ini tidak akan mempengaruhi paduan maupun warna lapisan, tetapi paduan dan lapisan warna dapat dikontrol dari perbandingan seng sianida tersebut. Bila perbandingan kandungan sianida dan seng terlalu tinggi akan menghasilkan lapisan kuningan yang merah, dan apabila kandungan sianida bebas menurun, akan menghasilkan warna yang belang antar merah dan pucat.
- **NaCN**, Sodium Sanida adalah unsur yang serbaguna, namun akan mempengaruhi laju larutan anoda. Makin tinggi sianida akan menurunkan efiseinsi lapisan, dan akan memberikan cakupan lapisan yang rendah.
- **NH<sub>4</sub>OH**, Amonina berfungsi untuk meningkatkan kandungan seng pada lapisan, dan memperluas daerah kerataan lapisan dan meningkatkan kilapan lapisan. Penambahan

---

ammonium perlu dilakukan dengan teliti, karena bila penambahan terlalu besar akan menghasilkan lapisan kuningan yang pucat. Dan bahwasannya penambahan ammonia tidak akan berpengaruh terhadap nilai pH larutan.

- **Karbonat**, dibutuhkan sebagai penyangga pH larutan, dan dalam keadaan seimbang antara karbonat dan bikarbonat akan memberikan kemampuan penyangga pH yang kuat dalam interval waktu tertentu.

Karena kuningan merupakan paduan, maka dalam hasil elektroplating terdapat permasalahan atau cacat, terutama terhadap kestabilan warna yang diakibatkan oleh komposisi larutan maupun kondisi operasi. Berikut cacat atau kerusakan yang terjadi secara umum pada pelapisan kuningan.

- Daya lekat lapisan kurang baik dan tidak terlapis
- Lapisan mengandung seng lebih tinggi
- Lapisan kasar
- Terbentuk bercak – bercak dan bitnik - bintik
- Terbentuk gas pada permukaan benda kerja
- Larutan kental dan anoda mengkristal jika bak didinginkan

## 2.8 Ketebalan Lapisan

Dalam suatu pelapisan, kekuatan ikatan merupakan suatu hal yang sangat perlu diperhatikan dalam proses pelapisan *coating* karena akan mempengaruhi daya lekat hasil lapisan tersebut, ketebalan *coating* sangat mempengaruhi sifat penting akan ikatan tersebut, sehingga perlu diperhatikan akan ketebalan hasil *coating*, namun apabila ketebalan melebihi batas maksimal maka akan menyebabkan kerugian dalam segi ekonomi pembiayaan dan dalam segi kualitas (Rointan 1994).

Ketebalan suatu lapisan hasil *plating* dapat diukur ataupun diperhitungkan dengan cara deposit yang dihasilkan pada proses elektroplating, kemudian dari berat deposit yang didapatkan dari proses elektroplating dimasukkan kedalam persamaan turunan dari Hukum Faraday, yaitu yang tertera pada bab 2.3.2 dengan

persamaan 2.4

Kemudian dari persamaan tersebut dilakukan pengintegralan persamaan sehingga dapat ditentukan sebuah Persamaan 2.22, sebagai berikut.

$$\delta = \frac{W}{\rho A} = \frac{Mw.I.t}{n.F.\rho.A} \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan:

- $\delta$  : Tebal deposit ( $\mu\text{m}$ )
- $Mw$  : Massa Relatif
- $I$  : Rapat Arus
- $T$  : Waktu Proses Elektroplating
- $n$  : Elektron yang ikut terdeposisi
- $f$  : Konstanta Faraday
- $\rho$  : Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )
- $A$  : Luas Permukaan

Selain itu, ketebalan dapat didapat dengan mempertimbangkan dari volume yang bakal didepositkan, karena volume dari deposit tersebut merupakan produk dari luasan area yang dilapisi (*plated surface*) dan ketebalan (tinggi = h), volume dari deposit berhubungan dengan tinggi dari deposit dan densitas dari deposit d dengan hubungan yang mendefinisikan densitas  $d = w/V$ , maka dapat ditunjukkan Persamaan 2.22 dan Persamaan 2.24.

$$V = a * h \dots\dots\dots (2.22)$$

$$h = \frac{V}{a} = \frac{w}{ad} \dots\dots\dots (2.24)$$

(Huang, 2006).

## 2.9 Kekilauan Lapisan (*Glossy*)

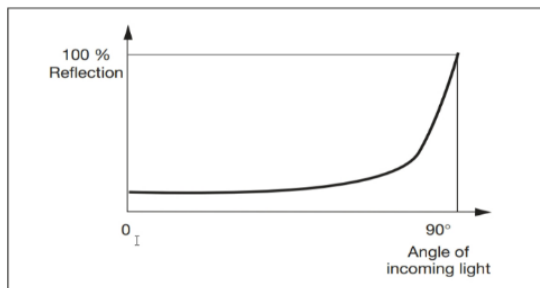
Meskipun dalam aspek mekanikal, tujuan dari aspek kekilauan tidak terlalu berpengaruh, namun dalam segi estetika ataupun *visual properties*, hal ini sangat berpengaruh. Karena dalam hal segi nilai jual produk barang, tingkatan kekilauan lapisan ini menjadi modal penting karena dapat mempengaruhi nilai jual

suatu produk untuk tahapan visual. Efek visual baru sering diubah menjadi keindahan dan keanggunan untuk memberikan insentif dan membangkitkan keinginan (Goldschmidt, 2007).

Penampakan warna dapat memeriksa persepsi subjektif dari warna, gloss dan efek dalam *cojuction* dengan bentuk item yang dilapisi dan dengan demikian membantu menggabungkan sifat estetika dan fungsi dengan satu sama lain.

*Gloss* adalah aspek persepsi visual dari objek yang sama pentingnya dengan warna. *Gloss* permukaan sangat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, misalnya kehalusan yang dicapai selama pemolesan, jumlah dan jenis lapisan yang diterapkan atau kualitas substrat. *Gloss* adalah aspek penting dari persepsi visual kita terhadap objek (Hanson, 2006).

*Gloss* juga dapat menjadi ukuran kualitas permukaan, misalnya penurunan *gloss* pada permukaan yang dilapisi dapat mengindikasikan masalah dengan penyembuhannya, yang menyebabkan kegagalan lain seperti adhesi yang buruk atau kurangnya perlindungan untuk permukaan yang dilapisi. Karena alasan inilah banyak industri manufaktur memantau kilau produk mereka, dari mobil, percetakan dan furnitur hingga makanan, farmasi, dan elektronik.

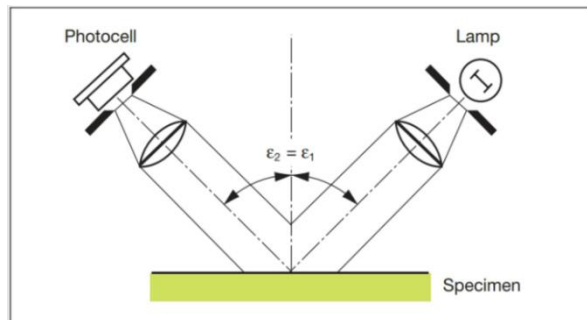


**Gambar 2.4** Refleksi Tergantung pada Sudut Cahaya yang Masuk yang Berhubungan dengan Kekilauan (Goldschmidt, 2007).

Definisi tradisional *gloss* mempertimbangkan cahaya yang

dipantulkan pada permukaan pelapis. Refleksi cahaya bervariasi tergantung pada kehalusan permukaan gambar grafik intensitas cahaya yang dipantulkan yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, plot berhubungan dengan sudut datang dan sudut bias dengan persentase refleksi dari hasil pantulan cahaya yang berhubungan dengan kekilauan dari lapisan permukaan pelapisan. Namun demikian, itu dipandang oleh mata sebagai intens. Berlawanan dengan penetrasi cahaya pada permukaan yang halus, ia tidak terdistribusi sama sekali, atau hanya terdifusi. Jika tekstur permukaan kurang jelas, cahayanya terutama dipantulkan secara terarah, sehingga mengarah ke refleksi tajam dari sumber cahaya, grafik refleksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Bahan logam memantulkan dan menyebarkan sebagian besar cahaya datang dari beberapa lapisan atom pertama permukaan, dengan penetrasi cahaya sedikit di luar. Ini membuatnya cocok untuk cermin. Oksidasi mengurangi pantulan dan meningkatkan hamburan, sehingga lapisan transmisi biasanya diterapkan untuk mencegah hal ini. Dielektrik (non-logam) terutama memantulkan cahaya dari dalam zat. Sebagai contoh, biasanya, keramik mengkilap dapat secara spesifik memantulkan 4% dari cahaya yang datang di sudut *gloss*.



**Gambar 2.5** Prinsip Kekilauan (Goldschmidt, 2007)

Untuk menguji kilap dapat menggunakan alat yang disebut glossmeter. *Gloss* ditentukan dengan memproyeksikan sinar

cahaya pada intensitas tetap dan sudut ke permukaan dan mengukur jumlah cahaya yang dipantulkan pada permukaan yang sama tapi sudut yang berlawanan, dapat dilihat pada Gambar 2.5. Diciptakannya glossmeter dilandasi oleh adanya refleksi spekular *gloss* dari permukaan benda produksi, misalnya keramik, plastik, kaca, dan lain-lain

Sebuah istilah yang menggambarkan pemantulan komponen cahaya yang mengkilap ditambahkan ke hukum Lambert dalam hukum Phong. Kedua hukum tersebut bersifat empiris. Yang terakhir dikembangkan untuk komputer industri grafis pada pertengahan 1970 – an dan dirangkum dalam Persamaan 2.25:

$$\text{Reflectance}(\theta, \Phi) = k [rd\cos(\Phi) + (1-rd)\cos(\Phi-\theta)] \dots (2.25)$$

di mana  $\theta$  adalah insidensi atau sudut specular dan  $\Phi$  adalah sudut observasi. Persentase kekuatan kejadian yang tercermin secara difusi didefinisikan oleh  $rd$  (Hanson, 2006).

## 2.10 Penelitian Sebelumnya

Pada tahun 2008, Ahmed Y. Musa dkk, dari Universiti Kebangsaan Malaysia melakukan penelitian efek dari perlakuan agitasi, rapat arus, dan konsentrai sianida pada elektroplating paduan Cu-Zn. Meningkatkan kecepatan pengadukan mendukung transportasi ion tembaga dengan konveksi ke permukaan elektroda, mengurangi kandungan seng dalam lapisan. Di sisi lain, nilai densitas arus yang besar meningkatkan deposisi seng dan mengurangi lapisan kuantitas tembaga. Perubahan rapat arus yang digunakan mulai dari 0,1 hingga 5.0mA.cm<sup>-2</sup> dan kecepatan pengadukan dari 0 hingga 300 rpm, variabel ini dipilih untuk menghasilkan paduan dengan komposisi kimia yang berbeda, dengan cara diuji menggunakan *atomic absorption spectrometry*. Hasil terbaik agar sesuai dengan kandungan paduan Cu-Zn komersial (atau setara dengan anodanya, 70%Cu – 30%Zn) dapat diperoleh dengan menggunakan 2,45 mAcm<sup>-2</sup>, 262 rpm dan 1,02 mA / cm<sup>2</sup>, 150 rpm.

---

Di ini Indonesia proses penelitian elektroplating kuningan sangat jarang dilakukan, penelitian sebelumnya dilakukan pada tahun 2010 oleh Andi dari ITB, yang meneliti pengaruh tegangan, waktu dan perlakuan agitasi dpada proses pelapisan kuningan dekoratif pada berprofil ST-37 dengna menggunakan larutan Zonax Brass Salt™ dan ammonia 20 ml. pada Analisa tersebut Andi menganalisa pengamatan visual, kekerasan, ketebalan, dan komposisi. Didapatkanlah hasil bahwasannya tegangan yang terbaik ialah 1 volt dengan proses waktu selama 1,5 menit, dan pada penelitian tersebut, efek pengaruh agitasi belum bisa dapat dipastikan karena lapisan yang sangat tipis begitu juga dengan kekerasan lapisan.

Selanjutnya pada tahun 2011, Deno Andromeda dari ITB juga melakukan penelitian tentang elektroplating kuningan. Di dalam penelitian tersebut, dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi tegangan, ammonia dan NaOH pada larutan Zonax Brass Salt yang diaplikasikan pada plat baja untuk fungsi dekoratif terhadap warna dan komposisi lapisan. Kesimpulan yang dapat diambil adalah penambahan ammonia dan NaOH dapat meningkatkan kadar Zn pada lapisan yang didepositkan.

Dan pada tahun 2013, M.R.H de Almeida melakukan penelitian elektrodeposisi Cu-Zn pada media alkaline-sorbitol, sorbitol digunakan sebagai pengganti sianida, prosesnya karakterisasinya menggunakan SEM dan XRD, dari penelitian ini dilakukan dengan variasi Cu70/Zn30, Cu50/Zn50, dan Cu30/Zn70. Dari melakukan pengujian tersebut menunjukkan bahwasanya elektroplating dengan kualitas bagus ialah Cu70/Zn30, dan menghasilkan permukaan yang halus dan butir-butir dengan *fine-grained*. Selain itu dari alkaline sorbitol dihasilkan warna emas yang baik pada permukaan sehingga bisa digunakan untuk pengganti sianida yang umumnya berbahaya.

Rizki Harry Putra (2016) juga melakukan penelitian tentang elektroplating kuningan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi waktu 15 menit, 20 menit, dan 25 menit terhadap karakteristik lapisan (ketebalan lapisan, diameter butir

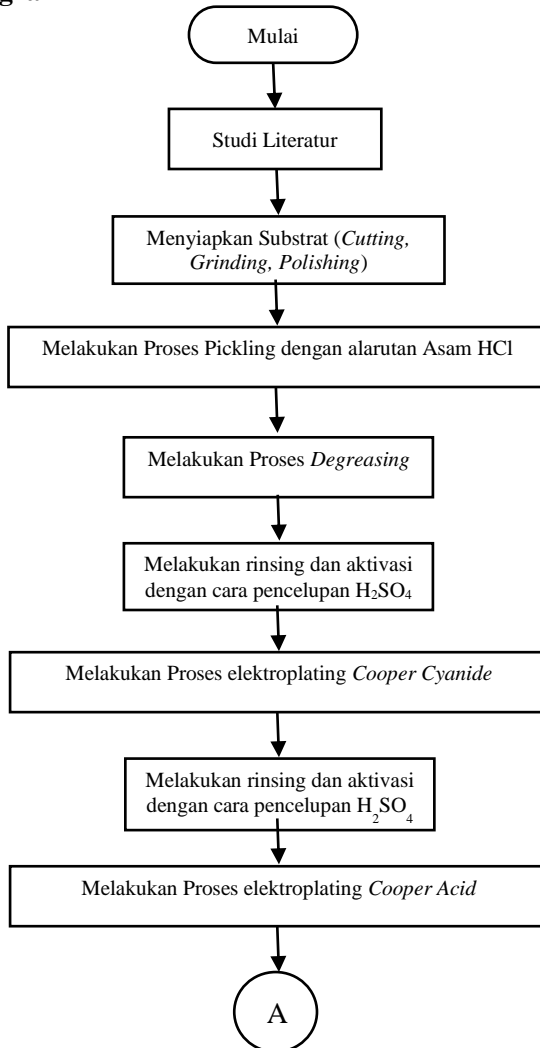
---

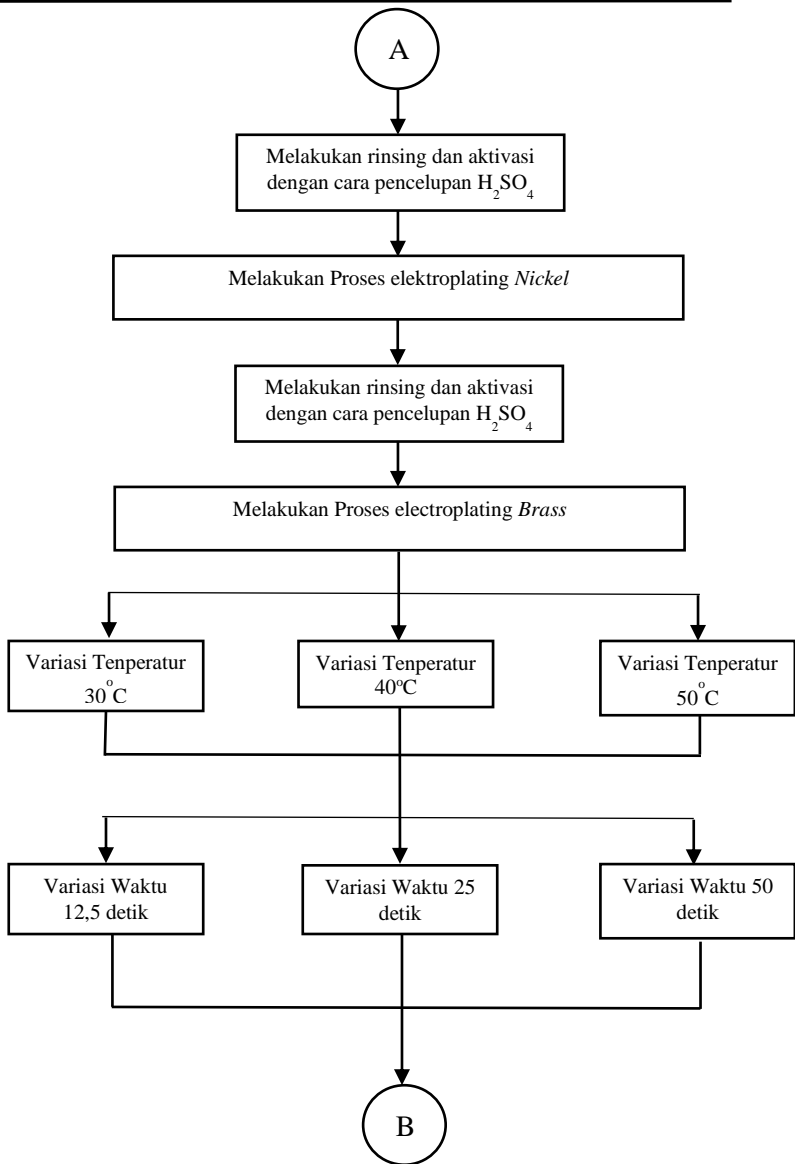
dendrit dan mikrostruktur) elektoplating kuningan (Cu-Zn) pada baja karbon rendah SA 516 dengan penggunaan tegangan 2 volt. Dari data tersebut dihasilkan bahwasannya hasil terbaik yaitu selama waktu 25 menit, dengan menghasilkan ketebalan 99,8 $\mu$ m dan diameter butir sebesar 9,6.  $\mu$ m.

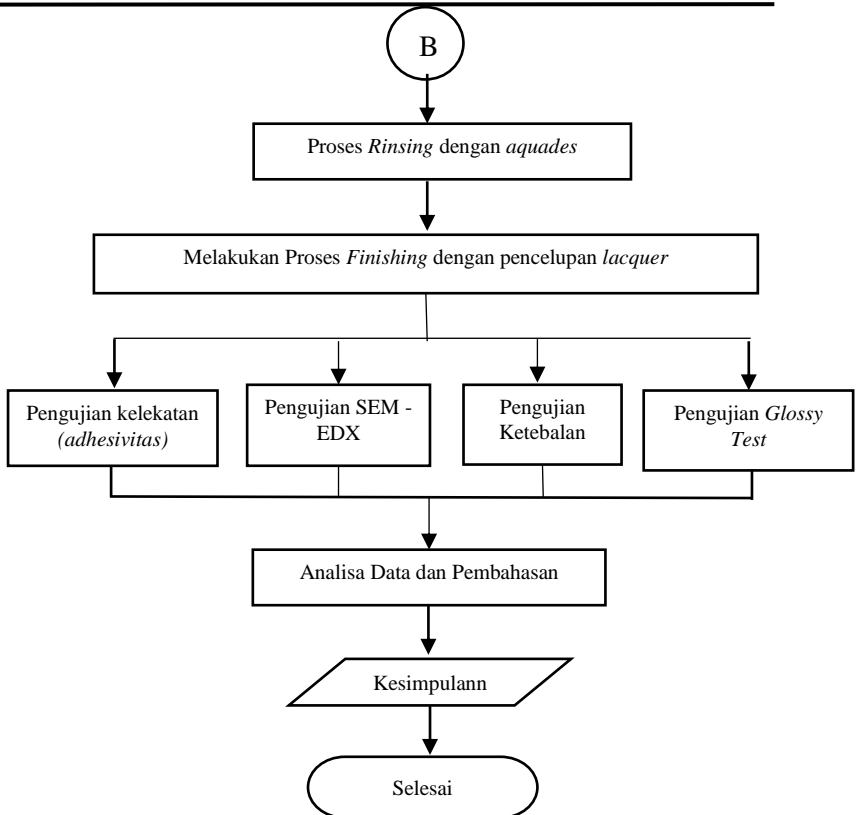


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir







**Gambar 3. 1** Diagram Alir

### 3.2 Metode Perancangan

Metode yang dilakukan pada perancangan ini antara lain:

#### 1. Studi Literatur

Metode ini mengacu pada buku-buku, jurnal-jurnal terbaru, informasi dan penelitian dari situs industri yang mempelajari mengenai permasalahan *electroplating* dan beberapa hal yang mempengaruhi hasil *electroplating* serta terutama yang membahas mengenai *electroplating* untuk dekoratif dan mengenai *electroplating* kuningan.

---

## 2. Diskusi

Tahapan ini dilakukan untuk menambah wawasan tambahan agar penulis dapat lebih memahami tentang masalah dan solusi penelitian yang dilakukan. Diskusi dilakukan dengan dosen pembimbing penelitian, teman-teman, dan perusahaan terkait.

## 3. Eksperimental

Metode ini dilakukan dengan melakukan pengujian langsung sesuai dengan prosedur dan metode yang ada. Adapun pengujian yang diperlukan dalam eksperimen ini adalah: SEM, DFT, *pull off test*, *bending test*, *rockwell c adhesion test* dan *glossy test*.

### 3.3 Alat dan Bahan

Dalam proses penelitian ini terdapat alat dan bahan seperti berikut:

#### 3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Neraca Digital
2. *Rectifier (Power Supply)*
3. Kabel Listrik
4. Penjepit Buaya
5. Jangka Sorong / Penggaris
6. Termometer
7. *Heater*
8. Stopwatch
9. Gelas Ukur / Gelas Beaker
10. pH meter
11. Sarung Tangan Lates
12. Masker
13. Wadah untuk larutan *degresing* (Sabun / NaOH)
14. Wadah untuk larutan *pickling* (HCl)
15. Wadah untuk *Cooper Cyanid Electroplating*
16. Wadah untuk *Cooper Acid Electroplating*
17. Wadah untuk *Nikel Electroplating*
18. Wadah untuk *Brass Electroplating*
19. Alat uji *Glossy Meter*

---

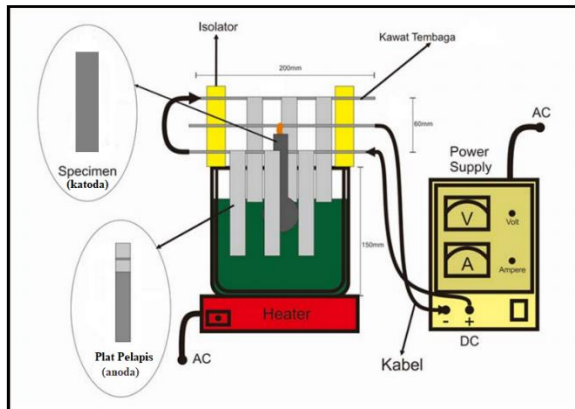
20. Alat uji *Pull-Off (Dolly test)*

**3.3.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Aquades
2. Kertas Amplas (grade 80,120,240,600)
3. Baja AISI 1020
4. Anoda Tembaga
5. Anoda Nikel
6. Anoda Kuningan
7. Larutan *Degreasing* (NaOH)
8. Larutan *Pickling* (HCl)
9. Larutan aktivasi (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
10. Larutan *Lacquer* NIKKASA
11. Larutan Elektrolit
  - A. Elektroplating Cooper Cyanid (dalam jumlah larutan 1L)
    - CuCN 45gr
    - NaCN 64gr
    - NaOH 20gr
    - Rochellete 30gr
    - *Brightener* 13gr
  - B. Elektroplating Cooper Acid (dalam jumlah larutan 1 L)
    - CuSO<sub>4</sub> 220gr
    - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 32,6cc
    - *Brightener* 1cc
  - C. Elektroplating Nikel (dalam jumlah larutan 1 L)
    - NiSO<sub>4</sub> 250gr
    - NiCl 80gr
    - H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 45gr
    - *Brightener* 33cc
  - D. Elektroplating Kuningan (dalam jumlah larutan 1 L)
    - *Brass Salt* 150gr
    - *Amoniak* 1cc

### 3.4 Proses Penelitian



**Gambar 3.2 Skema Percobaan**

#### 3.4.1 Preparasi Permukaan Spesimen

##### a. Polishing

Spesimen yang berbentuk plat dengan ukuran 7 cm x 3,5 cm x 0,2 cm, dihaluskan dan dibersihkan kotorn – kotoran termasuk oksida – oksida menggunakan amplas dari grade 80 – 300, Proses ini selain dapat membersihkan juga digunakan mendapatkan permukaan yang rata dan halus agar menghasilkan lapisan yang baik, sehingga proses perlu dilakukan dengan baik.

##### b. Pickling

*Pickling* yaitu proses pencucian dengan asam HCl selama 10 – 15 detik yang bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat sejenisnya secara kimia melalui perendaman dan untuk mengaktifkan permukaan supaya dapat digunakan untuk elektroplating

##### c. Degreasing

*Degreasing* yaitu penghilangan pengotor – pengotor organik yang menempel pada permukaan spesimen seperti lilin maupun minyak dengan menggunakan larutan 15% larutan NaOH 1 M didalam aquades dengan kisaran waktu 5 – 15 menit pada tempratur kamar.

**d. *Rinsing***

Diantara tahap – tahap tersebut dilakukan proses *rinsing* proses *rinsing* atau pembilasan dengan aquades sebelum masuk ke tahap proses elektroplating dengan tembaga

**e. *Activation***

Proses aktivasi permukaan, yaitu dengan pencelupan kedalam larutan  $H_2SO_4$  10%, selama 1 – 3 menit, hal ini dilakukan supaya lapisan menjadi aktif, dan dapat mengalami pelekatan yang baik pada permukaan sampel.

### **3.4.2 Proses *Copper Cyanide Electroplating***

Dilakukan proses ini karena digunakan sebagai terminal utama atau lapisan dasar pada electroplating multilayer dengan tujuan untuk menutup lubang dan meningkatkan daya rekat lapisan.

Pada proses elektroplating tembaga sianida rangkaian disusun seperti pada Gambar 3.2 dengan wadah larutan sebesar 1 liter. Dengan komposisi larutan dan kondisi operasi seperti berikut:

- Anoda : Anoda Cu Murni
- Temperatur : Temperatur  $27^{\circ}C$
- Tegangan :  $1v - 2v$
- Waktu : 10 Menit
- Jarak : 5 c,m

Setelah proses electroplating, langkah selanjutnya ialah semua sampel dilanjutkan pada proses pencelupan kedalam larutan, yaitu:

- *Rinsing* yaitu pembilasan dengan aquades dengan tujuan menghilangkan residu larutan yang menempel pada benda kerja.
- *Pickling*: Dichelupkan dengan larutan  $H_2SO_4$  Dengan tujuan agar permukaan sampel tetap aktif sehingga dapat menjadi substrat yang akan menjadi tempat terdosisnya pelapisan lapisan selanjutnya.

### **3.4.3 Proses *Copper Acid Electroplating***

Setelah dilakukan proses elektroplating tembaga sianida dilakukanlah pelapisan kembali menggunakan tembaga acid. Fungsinya ialah untuk membuat kilap lapisan menjadi baik serta mampu menutup lubang – lubang kecil yang tidak dapat dijangkau

---

dengan tembaga sianida.

Proses elektroplating Tembaga Asam terdiri dari:

a) *Pickling*: pencelupan di larutan  $H_2SO_4$  guna pengaktifan permukaan dengan waktu 5 – 10 detik.

b) Proses elektroplating tembaga asam, dilakukan didalam bak plating dengan ukuran 1 liter dengan kondisi operasi seperti berikut:

- Anoda : Anoda Cu
- Tegangan : 1 volt – 4 volt
- Temperatur : 27 °C
- Waktu : 25 menit
- Jarak : 5 cm

c) *Rinsing*: pembilasan dengan aquades dengan tujuan menghilangkan residu larutan yang menempel pada benda kerja.

#### 3.4.4 Proses *Nickel Electroplating*

Proses elektroplating nikel ini bertujuan untuk mendapatkan efek mengkilap dari lapisan nikel sehingga pada proses *brass electroplating* pada tahap selanjutnya juga terdapat efek mengkilap pada kuningannya, selain itu digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dari suatu material seperti kekerasan permukaan sehingga proses pelapisan nikel ini digunakan sebagai pelapis sebelum proses elektroplating kuning, dan karena sifat itu pula digunakanlah pelapisan dengan jenis *Bright Nikel* untuk hasil pengkilapan yang baik pada hasil platingan atau pelapisannya nanti.

Proses elektroplating Nikel terdiri dari:

a) *Pickling*: pencelupan di larutan  $H_2SO_4$  guna pengaktifan permukaan dengan waktu 5 – 10 detik.

b) Proses elektroplating nikel, dilakukan didalam bak plating dengan ukuran 1 liter dengan kondisi operasi seperti berikut:

- Anoda : Anoda Ni murni
- Tegangan : 2 Volt
- Temperatur : 27 °C



- Waktu : 10 menit
- Jarak : 5 cm
- c) *Rinsing* : pembilasan dengan aquades dengan tujuan menghilangkan residu larutan yang menempel pada benda kerja. Dan sisa – sisa kotoran yang akan berakibat mempengaruhi hasil kilaunya nanti pada *brass electroplating*.

### 3.4.5 Proses *Brass Electroplating*

Setelah dilakukan proses elektroplating terhadap lapisan tembaga sianida, tembaga asam, dan nikel, maka proses selanjutnya ialah proses bagian utama yaitu proses elektroplating kuningan.

Pada penelitian ini dilakukan pada 9 kondisi operasi berbeda dengan perubahan pada temperatur dan waktu yang berbeda pula sesuai dengan rancangan penelitian pada Tabel 3.1. Rangkaian elektroplating disusun seperti pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3** Proses Elektroplating Kuningan

Proses – proses dalam elektroplating kuningan ialah sebagai berikut:

- a. *Pickling*: pencelupan menggunakan  $H_2SO_4$  10% yang berguna untuk mengaktifkan permukaan sampel setelah proses elektroplating nikel, agar menjadi permukaan aktif dan kuningan

dapat terdeposisi dengan baik pada permukaan sampel besi baja dengan waktu 5 – 10 detik.

b. Proses elektroplating kuningan, dilakukan didalam bak plating dengan ukuran 1 liter. Dengan komposisi larutan dan kondisi operasi seperti berikut:

- Larutan Zonax Brass Salt : 150 gr
  - i) CuCN
  - ii) ZnCN
  - iii) NaCN
  - iv) NaCO<sub>3</sub>
  - v) NaHCO<sub>2</sub>
- Amonia : 1cc
- Anoda : Batangan Kuningan  
70% Cu dan 30% Zn
- Tegangan : 1 – 4 Volt
- Rapat Arus : 0 – 7 A/dm<sup>2</sup>

c. *Rinsing*: pembilasan dengan aquades dengan tujuan menghilangkan residu larutan yang menempel pada benda kerja. Dan sisa – sisa kotoran yang akan berakibat mempurburuk hasil

### 3.4.6 Proses *Finishing*

Setelah melakukan proses elektroplating kuningan sesuai dengan jumlah variabel yang dibutuhkan, dan seluruh permukaan sampel telah terlapisi dilakukan proses terakhir yaitu:

➤ *Finishing*: Pencelupan pada larutan antioksidasi yang biasa disebut dengan larutan *Lacquer* selama rentan waktu 1-5 detik.

➤ Didiamkan ditempat terbuka supaya lapisan dan larutan *laquer* benar – benar kering

Pencelupan tersebut dilakukan karena lapisan kuningan mempunyai kelemahan yaitu cepat ternoda membentuk warna hijau, yang akan menggagu atau merusak penampilan dari lapisan kuningan tersebut, sehingga diperlukanlah lapisan tersebut.

Larutan tersebut merupakan lapisan antioksidasi untuk

---

kuningan yang berupa lapisan vernis transparan, sehingga tidak akan mengganggu atau menutup bagian dan warna transparan dari lapisan kuningan tersebut.

Pada proses ini menggunakan acuan industri pelapisan yaitu dengan cara pencelupan menggunakan *lacquer* dengan jenis merk “NIKKASA LACQUER” yang berupa terdiri dari larutan air *alcohol isopropyl* dan *polyacrylate*.

### 3.5 Proses Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian yang dilakukan mencakup beberapa pengujian, yaitu:

#### 3.5.1 *Scannig Electron Microscope (SEM)-EDX*

*Scannig Electron Microscope (SEM)* merupakan salah satu jenis mikroskop yang memanfaatkan pancaran elektron yang berenergi tinggi untuk digunakan memeriksa suatu objek dalam skala yang sangat kecil. Elektron akan berinteraksi dengan atom – atom sehingga spesimen menghasilkan sinyal yang mengandung informasi – informasi. Pengamatan ini akan memberikan informasi mengenai topografi (jenis permukaan objek), morfologi (bentuk dan ukuran partikel), serta digunakan untuk komposisi (unsur dan senyawa beserta jumlah relatif masing – masing) dengan menggunakan EDX (*Energy Dissperse X-Ray analysis*). Secara sederhana analisis SEM meruakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai komposisi dari permukaan benda secara kualitatif maupun kuantitaif.

Jenis sinyal yang dapat dihasilkan oleh SEM meliputi elektron sekunder, elektron yang berhamburan (*Back-scattered Electron / BSE*). Karakteristik sinar X, *cathodoluminescence*, arus spesimen dan pancaran elektron. Namun jarang di sebuah mesin memiliki *detector* yang dapat membaca semua sinyal seperti yang disebutkan di atas, namun secara umum biasanya terdapat *detector* pencitraan elektron sekunder (*secondary electron*), *Back - Scattered Electron (BSE)*, dan karakteristik sinar-X, yang

---

semuanya mempunyai fungsi masing masing.

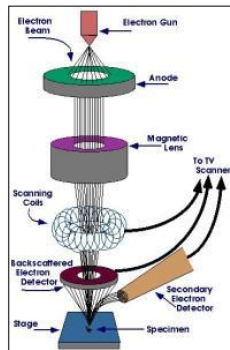
Prinsip kerja dari alat SEM ialah akan ditembakkan berkas elektron yang berasal dari bagian alat yang bernama *Electron Gun* dimana berkas – berkas elektron yang telah dihasilkan atau ditembakkan akan menyapu ke permukaan sampel. Pada saat elektron berinteraksi dengan sampel, maka akan dihasilkan sinyal *Secondary – electron (SE)*, dimana saat elektron ini masuk ke dalam *detector* dan diubah menjadi sinyal listrik yang akan menghasilkan gambar pada layar monitor. Sinyal keluaran dari *detector* ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Hasil yang ditampilkan dengan *Secondary – electron* ini adalah topografi permukaan sampel. Dengan menggunakan detektor ini, SEM dapat menghasilkan gambar resolusi sangat tinggi dari permukaan spesimen, menghasilkan ukuran yang detailnya kurang dari 1 nm. Karena berkas elektron sangat sempit, gambar SEM memiliki kedalaman yang dapat menghasilkan tampilan karakteristik tiga dimensi yang berguna untuk mengetahui struktur permukaan spesimen, SEM memungkinkan beberapa perbesaran, dari sekitar 10 kali sampai lebih dari 500.000 kali perbesaran, atau sekitar 250 kali kemampuan perbesaran optik.

Sedangkan BSE atau *Back Scattered Electron* merupakan sinar elektron yang tercermin dari spesimen dengan hamburan elastis. BSE sering digunakan dalam analisis SEM bersama dengan spektrum yang terbuat dari karakteristik sinar – X. Karena intensitas sinyal BSE sangat terkait dengan nomor atom dari spesimen, gambar BSE dapat memberikan informasi tentang distribusi unsur yang berbeda dalam spesimen, dengan hal ini BSE akan mampu menghasilkan hasil gambar yang memiliki gradasi warna, karena bahan dengan dengan nomor atom yang besar, akan tampak lebih terang dibanding dengan bahan yang bernomor atom lebih kecil.

Sedangkan pengujian mengenai EDS (*energy Dispersive*

*X-ray – Spectroscopy*), bertujuan untuk mengetahui apa saja jenis unsur penyusun material yang ada dalam sampel, dan sekaligus untuk mengetahui nilai % berat dan % atomic dari semua unsur penyusun tersebut. Karakteristik ini digunakan untuk mengidentifikasi komposisi dan mengukur kelimpahan unsur – unsur dalam spesimen. Mekanisme kerja alat SEM dapat dilihat pada Gambar 3.4

Pada penelitian ini dilakukan pengujian SEM dan EDX dan melihat kadungan unsur yang terlpisi apakah sesuai dan mengukur ketebalan lapisan kuningan yang terbentuk, pengujian dilakukan di Departemen Teknik Material.



**Gambar 3. 4** Mekanisme Kerja Alat SEM

### 3.5.2 Pengujian Adhesi (*Pull-Off Test*)

Pengujian adhesi ini untuk mengetahui kekuatan kelekatan atau kekuatan ikatan adhesi dari suatu hasil pelapisan terhadap substratnya. Pada penelitian ini menggunakan standard yang biasa digunakan untuk pengujian adhesivitas melalui *pull-off test* yaitu ASTM D4541 mengenai “*Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*” pada sandart tersebut dijelaskan bahwasannya dibutuhkan beberapa alat dan bahan untuk melakukan pengujian dengan metode ini, yaitu:

---

*Portable Adhesive Tester Dolly* dengan berdiameter 20 mm dapat dilihat pada Gambar 3.5, Lem *epoxy*, Spesimen



**Gambar 3.5** Alat Uji *Pull Off*

Langkah – langkah dalam proses pengujian tersebut ialah mengoleskan atau memberikan lem *epoxy* pada dolly hingga merata supaya penghitungan daya lekat dari lapisan hasil *plating* kuningannya menjadi akurat, karena dolly benar-benar menempel pada lapisan tersebut. Setelah melakukan pengolesan tersebut dolly ditempel pada spesimen dengan diberi waktu semalam (24 jam) agar pengeringan lem epoksi benar sempurna.

Selain itu, sebelum melakukan proses pengujian, alat *Portable Adhesive Tester* harus melalui pengaklibrasian terlebih dahulu dan pengaturan satuan, dalam penelitian kali ini satuan yang digunakan ialah satuan MPa. Kemudian setelah semuanya siap dilakukan pemasangan alat *Portable Adhesive Tester* pada dolly yang sudah tertancap pada spesimen, kemudian lakukan penekanan tuas pada alat tersebut, sampai dolly yang tertancap pada spesimen menjadi terlepas, dari alat tersebut akan memunculkan angka yang akan menunjukkan nilai *adhesivitas* dari hasil platingan tersebut dengan substratnya. Pengujian ini dilakukan di C.V Cipta Agung.

Selain dilakukan pengujian menggunakan *Pull – Off Test* dilakukan juga menggunakan pengujian yang lain, dikarenakan dengan menggunakan pengujian *Pull – Off Test*, hasilnya tidak bisa dikatakan 100% valid sehingga diperlukan pengujian yang lain

---

untuk mendukung hasil dari pengujian *adhesifitas*, yaitu dengan metode kualitatif menggunakan *Conical Mandrel Test* dan *Rockwell C Adhesion Tests*.

*Conical Mandrel Test* berprinsip sama dengan *Bending Test* adalah salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah material *coating* tersebut masih tetap menempel atau tidak pada permukaan baja karbon setelah dilakukan proses penekukan melalui pengamatan visual. Pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan metode *side bend*. Standar yang biasa digunakan adalah ASTM D-522 (D522M-13, 2013). Bagian dari *bending* berbentuk silinder dengan diameter kecil yang konstan. proses penekukan material dilakukan dengan cara manual, yaitu material substrat baja karbon dengan tebal 0,5 cm ditebuk hingga mencapai sudut sebesar 180°. Kemudian setelah ditebuk, diamati apakah terjadi pengelupasan atau material *coating* tetap menempel pada substrat. Alat seperti Gambar 3.6. Pengujian dilakukan di CV. Cipta Agung



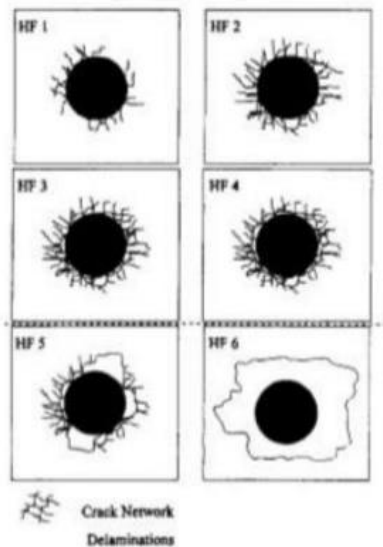
**Gambar 3.6** Alat Uji Bending

*Rockwell C Adhesion Tests* yaitu pengujian untuk mengetahui kekuatan adhesi lapisan tipis dapat dilakukan secara kualitatif oleh Rockwell-C Adhesion Test. Pengujian ini dilakukan dengan alat uji kekerasan Rockwell pada Departemen Teknik Material ITS (Gambar 3.6). Pengujian ini dikembangkan di Jerman, memiliki standar VDI Guidelines 3198, (1991) dan kemungkinan akan menjadi standar DIN dalam waktu dekat.

Pengujian dilakukan diuji *rockwell C* dengan beban awal sebesar 100 kgf dan beban akhir indentasi sebesar 150 kgf, setelah melakukan indentasi, dilakukan pengamatan dan analisa kerusakan pada lapisan tipis menggunakan pengamatan visual melalui mikroskop optik.



**Gambar 3.7** Alat uji kekerasan Rockwell



**Gambar 3.8** Standar kontrol kegagalan pada substrat yang diindentasi (P&P, 2012).



Hasil pengamatan visual dibandingkan dengan standart. HF 1 – HF 4 merupakan hasil kekuatan adhesi yang baik, sedangkan HF 5 – HF 6 merupakan hasil kekuatan adhesi yang kurang baik, berdasarkan P&P *thin film advanced technology*. Adapun yang diidentifikasi dari hasil indentasi adalah hasil kualitatif setalah indentasi. Terjadinya delaminasi yang berlebihan menandakan lapisan tidak memiliki adhesi yang baik pada substrat. standart yang dapat dilihat pada Gambar 3.8

### 3.5.3 Pengujian Kecerahan (*Glossy Test*)

Glossmeter digunakan untuk mengukur tingkat kilau permukaan, dengan prinsipnya mengukur cahaya yang dipantulkan dari permukaan ke arah yang saling melengkapi dengan sudut datang. Pengukuran kilau berkonsentrasi pada bagian yang diarahkan pada sudut komplementer. Tetapi karena tingkat *gloss* diukur dalam rentang panjang gelombang yang terlihat, warna sampel mempengaruhi nilai *gloss* yang diukur sampai batas tertentu. sehingga harus mencoba membandingkan sampel dengan tidak ada perbedaan yang cukup besar dalam rona dan cahayanya. Hasil dari uji *glossy* dinyatakan dalam satuan GU (*gloss units*). Standar pengukurannya dijelaskan pada ISO 2813 dan ASTM D523. Pengujian ini dilakukan di PT. Inka Madiun.



**Gambar 3.8** Alat Uji *Glossy Meter*

ASTM D523 mencakup pengukuran *gloss specular* dari spesimen logam untuk geometri glossmeter 60°, 20°, dan 85°. Geometri sudut dan lubang dipilih sehingga prosedur ini dapat digunakan sebagai berikut:

Geometri 60° digunakan untuk pengujian seara umum karena dengan sudut tersebut merupakan sudut wajar yang digunakan untuk menilai kualitas kekilauan suatu lapisan karena bias mempresentasikan penglihatan secara visual.

*Gloss* dikaitkan dengan kapasitas permukaan untuk memantulkan lebih banyak cahaya pada beberapa yang lain daripada yang lain. Arah yang terkait dengan pantulan cermin (spekular) biasanya memiliki pantulan tertinggi. Pengukuran dengan metode tes ini berkorelasi dengan pengamatan visual dari kekasaran permukaan yang dibuat kira-kira sudut yang sesuai.

Peringkat *gloss* yang diukur oleh ASTM D523 diperoleh dengan membandingkan pantulan spekular dari standar kaca hitam. Karena pemantulan spekular tergantung pada indeks bias permukaan spesimen, indeks bias yang diukur berubah. Namun, adalah kebiasaan untuk membandingkan indeks bias spekular. Karena peringkat instrumental sebanding dengan indeks bias berbeda.

#### 3.5.4 Pengujian Ketebalan



**Gambar 3.9** Alat uji ketebalan *DFT Electomer*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketebalan dari deposit lapisan hasil elektroplating yang terbentuk pada permukaan spesimen uji. Dalam prosesnya spesimen diuji ketebalannya dilakukan dua kali, yaitu saat ketebalan hasil lapisan Cu sampai pelapisan Nikel, kemudian dilanjutkan dengan pengujian setelah pelapisan CuZn, kemudian hasil pelapisan CuZn dikurangi dengan hasil ketebalan sampai pelapisan Nikel, sehingga didapat hasil dari nilai ketebalan lapisan CuZn. Pengujian ini dilakukan di PT. Cipta Agung dengan menggunakan alat uji ketebalan *Dry Film Thickness (DFT) Electomer*. Alat uji ketebalan dapat dilihat pada gambar 3.9.

### 3.6 Rancangan Penelitian

Untuk memudahkan proses penelitian selama percobaan, disusun rancangan penelitian yang dilakukan berupa tabel yang meliputi pengamatan terhadap masing-masing spesimen. Tabel tersebut dirancang sebagai berikut:

**Tabel 3. 1** Tabel Perancangan

Spesimen	Temperatur (°C)	Waktu (Detik)	Pengujian			
			SEM-EDX	Ketebalan	Kelekatatan	Glossy Test
30/12,5	30	12,5	V	V	V	V
30/25		25		V	V	V
30/50		50		V	V	V
40/12,5	40	12,5	V	V	V	V
40/25		25		V	V	V
40/50		50		V	V	V
50/12,5	50	12,5	V	V	V	V
50/25		25		V	V	V
50/50		59		V	V	V
Pembanding	27	120		V	V	V

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA








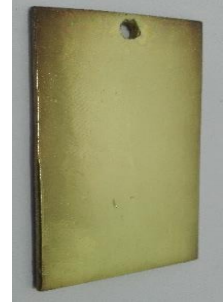

### 4.1 Analisa Visual

Pada pengamatan visual hasil dari pelapisan logam bersifat kualitatif dan subjektifitas bergantung dari masing – masing yang melakukan pengamatan. Pada umumnya, penilaian secara visual dilakukan terhadap hasil pelapisan yang dihasilkan dan keseragaman warna pada seluruh permukaan benda kerja, dibandingkan sesuai dengan standard dasar yang diinginkan atau dibutuhkan, disini mengacu pada suatu minimum dasar hasil pelapisan CuZn di dunia industri yang ditujukan untuk kepentingan produk visual yang harus dicapai yaitu dengan menghasilkan lapisan yang tidak berwarna terlalu gosong atau merah dan memiliki kekilauan yang dapat dicapai pada sudut  $60^{\circ}$  sehingga memiliki acuan terkait standard minimal untuk memenuhi spesifikasi pembandingan seperti pada Gambar 4.1. Dalam pengamatan visual ini dihasilkan lapisan seperti berikut, yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.



**Gambar 4.1** Acuan Standard Minimal Visual Hasil Pelapisan Elektroplating Kuningan dengan Kondisi Operasi  $27^{\circ}\text{C}$  dengan Waktu 120 Detik

**Tabel 4.1** Pengamatan Hasil Visual

		
30/12,5	30/25	30/50
		
40/12,5	40/25	40/50
		
50/12,5	50/25	50/50

---

Dari tabel 4.1 sekilas dapat dilihat bahwasannya hasil dari proses elektroplating dengan menggunakan temperatur yang lebih tinggi akan menghasilkan lapisan warna yang lebih kuning kemerahan dibandingkan dengan pelapisan yang menggunakan variabel temperatur lebih rendah yang menghasilkan warna kuning yang lebih pucat. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan temperatur yang tinggi menyebabkan viskositas dari larutan menjadi berkurang sehingga menyebabkan endapan ion logam khususnya Cu dan Zn yang terdeposisi dari anoda ke katoda semakin cepat proses sirkulasinya, sehingga warna dari Cu dan Zn merata dengan baik.

Namun terdapat beberapa lapisan yang endapannya mulai terbakar dan membuat warna terlalu merah dan mengarah ke warna gosong, hal ini terjadi karena pada proses tersebut melebihi batas optimum temperatur yang digunakan, karena setiap proses elektroplating memiliki rentang temperature optimum, dan apabila melebihi batas tersebut akan menyebabkan gosong dan mengalami kerusakan pada hasil lapisan, sesuai dengan penjelasan dari Sunil, 2015.

Pengamatan waktu pada proses elektroplating juga mempengaruhi hasil proses pelapisan, pada penelitian tersebut dapat dilihat waktu yang digunakan sangat mempengaruhi dengan hasil akhir lapisan, waktu yang digunakan untuk proses pelapisan kecil menyebabkan lapisan yang terbentuk terlihat tipis dan bewarna kuning pucat sedangkan waktu proses yang digunakan lebih lama, menghasilkan lapisan yang lebih bewarna kuning dan terlihat tebal, hal ini terjadi karena dengan waktu proses electroplating yang lama menyebabkan ada waktu yang cukup untuk terdeposisinya ion – ion dari anoda ke katoda, sehingga hal ini menyebabkan sehingga ketebalan naik dan kandungan Cu yang terdoposisi juga cukup sehingga memberikan dampak warna yang dihasilkan tidak pucat melainkan ada warna kemerahan kekuning kuning, untuk lapisan yang mengalami gosong hal ini selain karena dampak dari temperatur juga diakibatkan dari dampak waktu proses yang terlalu lama dengan tegangan dan arus yang

besar sehingga lapisan ion – ion yang terdeposisi mengalami kegagalan dan menjadi terbakar (Lewinhen A. 2010)

#### 4.2 Analisa Ketebalan

Pada pengujian ketebalan hasil pelapisan menggunakan alat *Dry Film Thickness (DFT)* dimana dilakukan pengujian ketebalan tersebut dilakukan dengan cara, mengukur ketebalan secara total yang kemudian dikurangi dengan ketebalan proses pelapisan dari tembaga pertama sampai hasil proses pelapisan Nikel, sehingga didapatkan ketebalan dari pelapisan kuningan. Karena dengan menggunakan alat *Dry Film Thickness (DFT)* ini mengukur ketebalan keseluruhan lapisan yang bertipe multilayer, dari lapisan awal substrat sampai lapisan *coating* paling akhir.

**Tabel 4.2** Ketebalan Lapisan yang Diukur dengan DFT

Spesimen	Tebal Total ( $\mu\text{m}$ )	Tebal Cu-Zn ( $\mu\text{m}$ )
30/12.5	5.65	2.53
30/25	6.50	3.38
30/30	7.49	4.37
40/12.5	6.30	3.18
40/25	7.51	4.39
40/30	9.26	6.14
50/12.5	6.48	3.36
50/25	8.24	5.12
50/30	10.23	7.11
<b>Pembanding</b>	8.49	5.37

Sebelum melakukan pengujian, dilakukanlah proses kalibrasi alat dengan cara melakukan penempelan *probe* dan proses pengkalibrasian pada mika kalibrasi, setelah melakukan proses kalibrasi, pengukuran ketebalan dapat dilakukan dengan cara menempelkan *probe* tegak lurus dengan specimen uji, kemudian data akan terbaca pada layer monitor yang akan menunjukkan



---

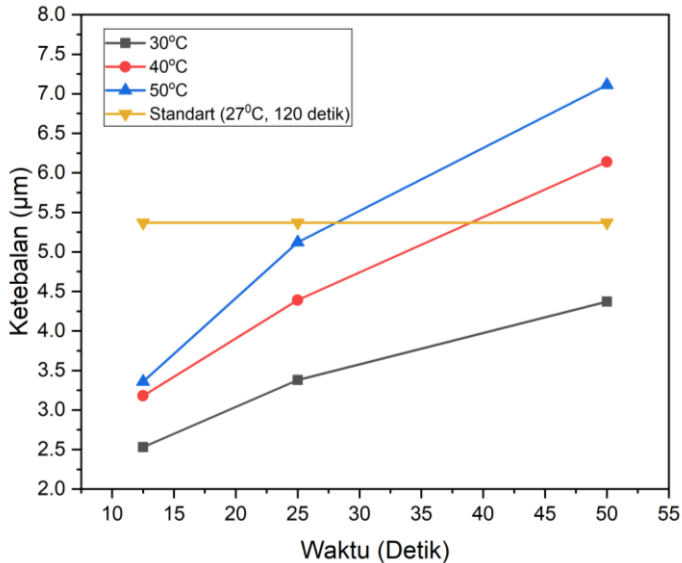
angka ketebalan dari lapisan tersebut. Hasil dari pengujian ketebalan menggunakan DFT dapat dilihat pada Tabel 4.2

Pada proses pengujian ketebalan menggunakan *Dry Film Thickness (DFT)* dilakukan dengan tiga kali uji untuk mendapatkan data yang valid, dengan mengukur pada bagian atas, tengah, dan bawah sampel uji, kemudian dirata – rata untuk mendapatkan hasil secara keseluruhan, hasil pengukuran dengan alat uji *Dry Film Thickness (DFT)* dapat dilihat pada Tabel 4.2

Dari data pengujian menggunakan alat uji *Dry Film Thickness (DFT)* dihasilkan ketebalan total dari pelapisan keseluruhan pada hasil uji, yaitu ketebalan dari lapisan Tembaga, lapisan Nikel, dan lapisan CuZn, kemudian dari data tersebut dihasilkan yaitu pada temperature 30°C dihasilkan ketebalan 5,75  $\mu\text{m}$  pada waktu 12,5s, dan pada waktu 25s dihasilkan ketebalan 6,5  $\mu\text{m}$ , dan pada waktu 50s dihasilkan ketebalan 7,5  $\mu\text{m}$ . Dari temperature tersebut dihasilkan nilai ketebalan yang semakin bertambah setiap kenaikan waktu proses pencelupan elektroplating, begitu pun dengan temperature 40°C dan 50°C, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.2, kemudian dari nilai total ketebalan yang terukur dengan menggunakan alat *Dry Film Thickness (DFT)* dikurangi dengan ketebalan lapisan dari tembaga sampai lapisan nikel, sehingga dari proses tersebut dapat ditentukan nilai ketebalan lapisan kuningan CuZn, dimana nilai ketebalan dari lapisan tembaga pertama sampai lapisan nikel didapatkan nilai ketebalan yaitu 1.53 $\mu\text{m}$ , 5.42 $\mu\text{m}$ , 1.56  $\mu\text{m}$ , 3.93  $\mu\text{m}$ , dari data tersebut kemudian di rata – ratakan sehingga dapat diketahui nilai dari ketebalan lapisan tembaga pertama sampai lapisan nikel yaitu 3.12  $\mu\text{m}$ . Nilai tersebut dijadikan patokan untuk menentukan nilai ketebalan dari lapisan kuningan CuZn yang terlapis pada spesimen uji.

Kemudian dari hasil pengujian pada Tabel 4.2 dan hasil kurva di Gambar 4.2, hasil dari pelapisan elektroplating terhadap ketebalan menunjukkan 2 hasil atau titik yang melebihi dari data pembanding, hal ini menunjukkan hasil yang buruk, karena hal ini lebih dari batas maksimal ketebalan, karena hal ini akan mempengaruhi hasil sifat yang lain dan mempengaruhi segi

ekonomis dalam proses elektroplating. Dari penelitian tersebut menunjukkan 7 hasil yang lain menghasilkan ketebalan yang lebih baik dari pembanding karena hasil yang diperoleh berada didaerah batas pembanding.



**Gambar 4.2** Grafik Hasil Pengujian Ketebalan Terhadap Lapisan Hasil Elektroplating Kuningan CuZn

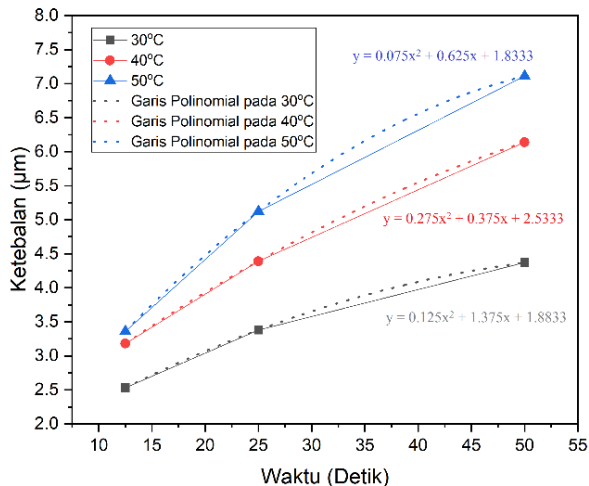
Dari hasil tersebut didapat bentuk grafik seperti pada Gambar 4.2 mengenai ketebalan lapisan dengan variabel waktu dan temperature. Nilai ketebalan lapisan mengalami peningkatan sebanding dengan waktu proses elektroplating, hal ini terjadi karena semakin lama proses elektroplating maka waktu untuk proses mengendapkan CuZn pada lapisan semakin lama dan semakin banyak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kenaikan waktu pelapisan akan memperbanyak pengendapan sehingga akan mempengaruhi morfologi, dan ketebalan (Sunil, 2015)

Kemudian pada variabel temperatur, nilai ketebalan sebanding dengan peningkatan temperatur. Hal ini dikarenakan

semakin tinggi temperatur nilai viskositas dari elektrolit semakin menurun yang menyebabkan daya kelarutannya menjadi besar dan proses penguraian garam menjadi lebih cepat, serta menambah mobilitas ion logam sehingga mempercepat proses penguapan atau terdosisnya ion di lapisan substrat. Hal ini sesuai dengan penelitian Sunil, 2015 yang menerangkan temperatur mempengaruhi kecepatan ion yang terdosis.

Dari kedua variabel tersebut apabila digabungkan, maka akan menyebabkan hasil ketebalan yang signifikan, namun dari penelitian ini, ketebalan yang melebihi pasaran akan menyebabkan kerugian, terdapat dua hasil ketebalan yang melebihi batas dari ketebalan yang dianjurkan, yaitu pada kondisi operasi waktu 50 detik di temperatur 40°C dan 50°C.

Dari hasil grafik pada gambar 4.2, dapat diketahui pola grafik yang dihasilkan lapisan elektroplating terhadap ketebalan, sehingga dari grafik tersebut dapat dihasilkan suatu persamaan regresi polinomial sederhana seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Regresi Polinomial Hubungan Temperatur dan Waktu Elektroplating CuZn terhadap Ketebalan Lapisan CuZn

---

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui persamaan regresi polinomial sederhana hubungan antara temperatur proses dan waktu proses elektroplating terhadap hasil ketebalan lapisan CuZn yang dihasilkan. Dari grafik tersebut didapatkan 3 persamaan regresi polinomial berbeda disetiap perubahan temperatur proses elektroplating. Untuk proses elektroplating pada temperature 30°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.1 sebagai berikut

$$y = 0.075x^2 + 0.625x + 1.8333 \dots\dots\dots (4.1)$$

Sedangkan untuk proses elektroplating pada temperatur operasi 40°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.2 sebagai berikut

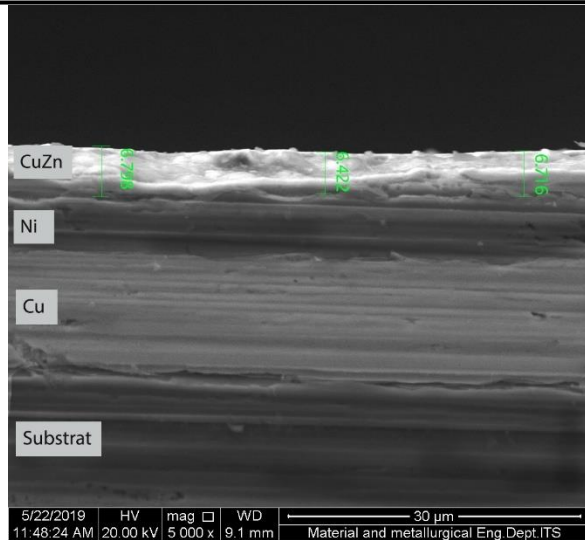
$$y = 0.275x^2 + 0.375x + 2.5333 \dots\dots\dots (4.2)$$

Dan sedangkan untuk proses elektroplating pada temperatur operasi 50°C didapatkan Persamaan 4.3 sebagai berikut

$$y = 0.125x^2 + 1.375x + 1.8833 \dots\dots\dots (4.3)$$

dari persamaan tersebut dapat diketahui “X” merupakan varibel waktu proses yang dilakukan, sedangkan “Y” merupakan hasil ketebalan dari proses elektroplating pada beberapa temperatur tersebut, sehingga dapat diketahui secara singkat waktu yang dibutuhkan unruk mendapatkan tebal yang diinginkan dengan parameter proses yang telah ditentukan.

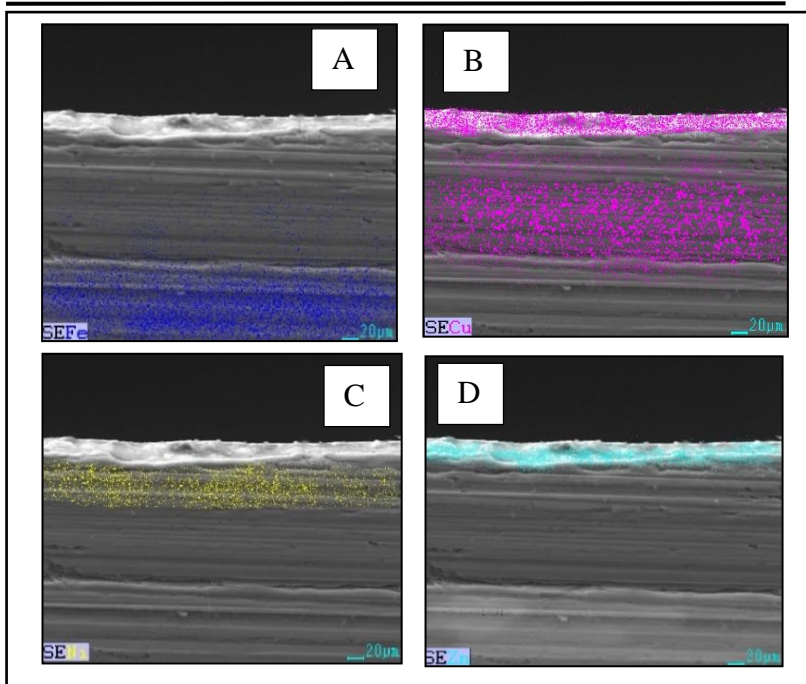
Dikarenakan lapisan yang terbentuk sangat tipis, sehingga dilakukanlah pengujian menggunakan SEM EDX *cross – section* untuk melihat lapisan yang terdeposisi pada permukaan substrat dan mengukur ketebalan yang terjadi pada proses elektroplating CuZn, pengambilan data SEM dilakukan pada sampel yang memiliki ketebalan maksimal pada pengukuran DFT.



**Gambar 4.4** Hasil Sem *Cross – Section* pada Pelapisan CuZn Dengan Hasil Ketebalan yang Tertinggi Diukur dengan *Coating Tester*.

Hasil SEM EDX *Cross Section* pada Gambar 4.4 nilai ketebalan tidak terlalu signifikan angka berbedanya, adanya perbedaan dari angka hasil penghitungan menggunakan alat *DFT* dengan penghitungan melalui SEM dikarenakan adanya perbedaan penggunaan alat pada proses pengambilan data ketebalan.

Kemudian dilakukan pengujian SEM EDX *Cross – Section* untuk melihat persebaran unsur hasil dari proses – prose pelapisan yang dilakukan, ditunjukkan pada Gambar 4.5. Dari hasil SEM EDX *Cross – Section* tersebut ditunjukkan kesesuaian lapisan pada proses elektrolating kuningan tersebut yaitu ditunjukkan urutan lapisan yang dihasilkan pada substrat, yaitu diawali dengan lapisan Tembaga atau Cu, yang kemudian diatasnya lapisan tembaga terdapat lapisan Nikel, dan yang paling atas dengan ketebalan yang sangat tipis yaitu lapisan utama kuningan CuZn.



**Gambar 4.5** Hasil Sem EDX *Cross – Section* pada Proses Elektroplating CuZn dengan Hasil Ketebalan Tertinggi Berdasarkan Hasil DFT(A). Lapisan Fe, (B). Lapisan Cu, (C). Lapisan Ni, (D). Lapisan Zn

Ketebalan hasil pelapisan dapat berkaitan dengan waktu proses, yaitu waktu berbanding lurus dengan ketebalan yang dihasilkan. Perihal tersebut berkesesuaian dengan penelitian Paunovic et all, 2010 yang menerangkan bahwasannya ketebalan hasil pelapisan dapat diukur atau diperhitungkan dengan cara mempertimbangkan volume yang didepositkan yang dihubungkan dengan besaran densitas dan hukum Faraday.

Teori persamaan yang didapat dari penurunan persamaanya Faraday dapat ditampilkan pada Persamaan 4.4 yaitu

$$h = \frac{A_{wt}It}{nFad} \dots\dots\dots(4.4)$$

---

Keterangan :

- $h$  : Ketebalan deposit  
 $A_{wr}$  : Besar Atom Relatif / Massa Relatif  
 $I$  : Kuat Arus  
 $t$  : Waktu  
 $n$  : elektron yang ikut terdepositasi  
 $F$  : Konstanta Faraday  
 $a$  : Luas Permukaan  
 $d$  : densitas

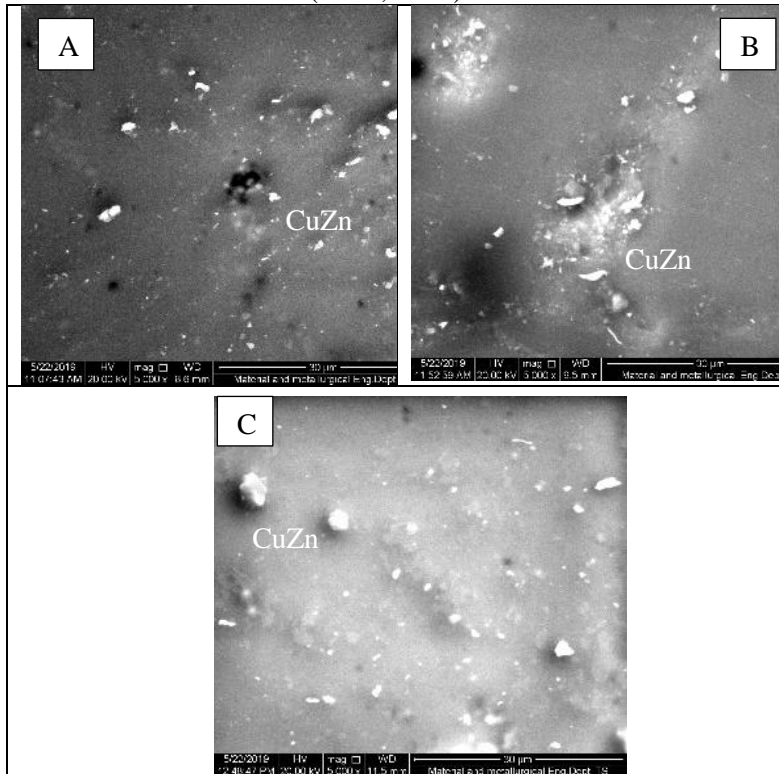
Persamaan tersebut juga berkesesuaian dan memiliki kesamaan dengan persamaan yang dilakukan oleh Huang pada 2006, di Persamaan 2.4. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwasannya waktu pelapisan berpengaruh dengan hasil ketebalan lapisan, karena waktu akan membentuk persamaan garis lurus dengan hasil pelapisan tersebut. Semakin lama waktu proses pelapisan dapat menyebabkan kenaikan ketebalan pada hasil pelapisan.

### 4.3 Analisa Morfologi

Pada pengujian morfologi permukaan menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) serta *Energy Dispersive X – Ray Spectroscopy* (EDX). Pengamatan ini dilakukan untuk melihat, mengetahui serta menganalisa morfologi permukaan dari sampel uji lapisan CuZn. Selain itu pengamatan mikro terhadap permukaan untuk memastikan adanya lapisan kuningan (CuZn) yang terlapisi pada permukaan spesimen uji, serta membuktikan apakah lapisan tersebut telah melapisi keseluruhan permukaan spesimen uji atau belum. Gambar 4.6 merupakan hasil uji SEM dari sampel lapisan elektroplating CuZn yang sebelumnya dilapisi dengan Cu dan Ni dengan variasi waktu pada temperatur kamar

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwasannya spesimen uji telah terlapisi keseluruhan dengan lapisan CuZn, dan pada perbesaran 5000x pada gambar A yaitu variasi waktu 12,5 detik, menunjukkan terdapatnya gumpalaan – gumpalan dan titik – titik

putih yang berada di permukaan. Gumpalan – gumpalan putih tersebut diidentifikasi sebagai kristalit globular yang bersatu yang sangat kecil yang akan mengarah ke elektrodeposit berbutir kecil yang menandakan proses elektroplating yang cepat (de Almacida, 2015). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwasannya semakin cepat proses elektroplating menghasilkan permukaan butiran yang kecil karena tidak cukup waktunya butiran tersebut untuk membesar (Sunil, 2015)



**Gambar 4.6** Hasil SEM Morfologi Permuakaan Lapisan Cuzn Perbesaran 5000x, pada Temperatur 30 °C. (A) Variasi Waktu Pencelupan 12,5 Detik, (B) Variasi Waktu Pencelupan 25 Detik, (C) Variasi Waktu Pencelupan 50 Detik



Dan pada gambar B dan C dengan waktu proses pencelupan lebih lama dibanding dengan specimen A, yaitu waktu pencelupan 25 detik dan pencelupan 50 detik, menunjukkan perbesaran kristal yang lebih merata serta banyak pada permukaan sampel yang menunjukkan bahwasannya lapisan tersebut tertutup dengan baik serta kristal – kristal yang terbentuk lebih merata dan kristal – kristal globular yang terbentuk memiliki ukuran lebih besar (de Almada, 2015).

Selain itu terdapat cekungan – cekungan warna hitam yang terdapat pada hasil pelapisan, hal ini terjadi karena adanya gas hidrogen yang berupa gelembung – gelembung yang menutupi permukaan sampel uji menghalangi proses deposisi sehingga bagian – bagian yang tersebut tidak terlapisi secara maksimal oleh CuZn Sesuai dengan penelitian Corniglia 2017, menerangkan bahwasannya pada proses elektroplating akan menghasilkan beberapa gelembung hidrogen yang menyebabkan terhalang katoda tidak dapat menarik ion logam pada proses deposisi, sehingga menyebabkan cekungan, lubang atau pori yang tidak terlapisi pada permukaan hasil lapisan.

#### 4.4 Analisa Komposisi

Hasil uji komposisi dengan menggunakan Energy Dispersive X-ray (EDX) dapat dilihat pada Tabel 4.3. Hasil uji komposisi didapatkan komposisi lapisan tipis hasil elektroplating kuningan (CuZn).

**Tabel 4.3** Hasil Uji Komposisi %Wt Lapisan Tipis Hasil Elektroplating Kuningan CuZn pada Temperatur 30 °C

Sampel	%Wt					
	C	O	Ni	Cu	Zn	Fe
30/12.5	36.96	05.27	31.23	14.86	9.95	01.73
30/25	42.27	05.45	20.99	20.55	10.74	0
30/30	41.69	06.97	29.11	25.08	17.75	0

Berdasarkan Tabel 4.3 tersebut, dapat diketahui bahwa

---

kadar kandungan CuZn pada lapisan meningkat seiring dengan meningkatnya variasi waktu pencelupan. Dari tabel tersebut terdapat beberapa unsur selain CuZn yang menunjukkan kandungan unsur – unsur dari lapisan dan substrat pada sampel yang digunakan. Di tabel tersebut menunjukkan jumlah persentase tertingginya merupakan unsur Karbon atau unsur C dikarenakan substrat spesimen yang digunakan merupakan baja karbon sehingga hasil yang keluar untuk unturnya didominasi oleh unsur C karena memang proses elektroplating untuk kali ini menggunakan waktu yang singkat dan hasil yang sangat tipis, sehingga adanya unsur C tersebut tidak akan mempengaruhi hasil dari elektroplating CuZn.

Kemudian pada tabel tersebut terdapat unsur Oksigen (O), unsur tersebut terbentuk karena terjadinya paparan oksigen yang cukup lama pada permukaan sampel sebelum dilakukan pengujian SEM – EDX, namun kehadiran dari O tersebut tidak terlalu berpengaruh besar terhadap hasil pelapisan CuZn, hasil adanya unsur tersebut menunjukkan bahwasannya lapisan tersebut mulai teroksidasi. Dan pada tabel 4.3 terdapat unsur Ni, hal ini terjadi karena lapisan penyusun yang kedua dari proses ini ialah unsur Nikel, dan karena proses elektroplating CuZn sangatlah singkat sehingga hal ini wajar apabila terdapat unsur Nikel yang jelas pada lapisan tersebut, hasil persentase Nikel tidak menunjukkan trend dikarenakan proses pelapisan nikel tidak diberlakukan variasi waktu apapun sehingga masa endapan nikel tetap ada namun fraksi masanya terhadap masa endapan CuZn pada permukaan substrat tidak membentuk *trend*.

Namun berbeda dengan unsur Cu dan Zn sebagai unsur pembentuk kuningan, dengan meningkatnya variasi waktu pencelupan maka akan meningkatkan komposisi Cu dan Zn hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencelupan maka endapan unsur dari Cu dan Zn akan semakin banyak, hal ini berkesesuaian dengan proses elektroplating dipengaruhi waktu pencelupan meningkatkan komposisi yang diakibatkan oleh endapan yang semakin banyak seiring dengan peningkatan waktu pencelupan (Sunil, 2015).

---

#### 4.5 Analisa Kekilauan / Glossy

Pengujian kekilauan digunakan untuk mengetahui tingkat kilau dari hasil pelapisan dimana prinsipnya ialah dengan mengukur cahaya yang dipantulkan dari permukaan kearah yang saling melengkapi dengan sudut datang. *Gloss* dikaitkan dengan kapasitas permukaan untuk memantulkan lebih banyak cahaya. Arah yang terkait dengan pantulan cermin (atau specular) biasanya memiliki pantulan tertinggi. Pengukuran dengan metode tes ini berkorelasi dengan pengamatan visual dari penglihatan ke permukaan yang dibuat kira-kira sudut yang sesuai

Pengujian dilakukan dengan menggunakan Glossmeter. Pada pengujian kali ini digunakan Glossmeter milik PT. INKA dengan sudut pantul yang diaplikasikan sebesar  $60^{\circ}$ . Hasil dari pengukuran ini dapat dilihat pada tabel 4.4

Berdasarkan data hasil pengujian *glossy* pada Tabel 4.4 didapatkan hasil uji kilauan berdasarkan perlakuan variabel masing – masing, dan dilakukan pengujian terhadap standard produk dari perusahaan, yang digunakan sebagai patokan minimum untuk hasil *glossy* atau kilauan dari hasil lapisan elektroplating.

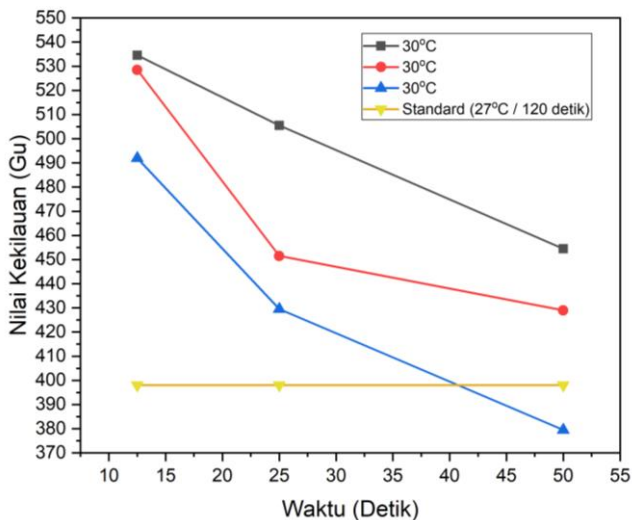
Dari hasil pengujian tersebut didapatkan angka persentasi nilai GU (*gloss unit*) yang menunjukkan angka atau nilai *gloss* atau kekilauan, dari data tersebut, spesimen dengan parameter variabel temperatur kamar  $30^{\circ}\text{C}$  dengan waktu proses yaitu 12.5 detik dengan nilai kekilauan yaitu 534.5 Gu. Sedangkan nilai terendah terdapat pada spesimen dengan variabel temperature  $50^{\circ}\text{C}$  dan waktu 50 detik dengan nilai 379.5 Gu. Sedangkan produk standard dari perusahaan dengan nilai kekilauan yaitu 398 Gu dengan parameter proses temperature kamar  $30^{\circ}\text{C}$  dengan rentang waktu 150 detik

Dari tabel 4.4 tersebut, menunjukkan bahwasannya hanya terdapat satu titik atau satu variabel yang memiliki nilai *glossy* dibawah data pembanding, yaitu data C3, hal ini menunjukkan bahwasannya nilai kekilauan masih dibawah rata – rata yang ada di pasaran, sedangkan untuk hasil yang lain menunjukkan suatu kenaikan atau berada diatas titik pembanding, sehingga hal

tersebut menunjukkan bahwasannya lapisan tersebut menghasilkan lapisan yang lebih baik lebih berkilau dibanding dengan hasil yang ada di pasaran

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Kilap

Spesimen	Nilai Kilap (GU)			Nilai Kilap (Gu)
	I	II	III	
<b>30/12.5</b>	506	563	534.5	<b>534.5</b>
<b>30/25</b>	505.5	504	507	<b>505.5</b>
<b>30/30</b>	454.5	469	440	<b>454.5</b>
<b>40/12.5</b>	486	528.5	571	<b>528.5</b>
<b>40/25</b>	468	435	451.5	<b>451.5</b>
<b>40/30</b>	434	424	429	<b>429</b>
<b>50/12.5</b>	536	492	448	<b>492</b>
<b>50/25</b>	429.5	435	424	<b>429.5</b>
<b>50/30</b>	364	394	379.5	<b>379.5</b>
<b>Pembanding</b>	400	395	399	<b>398</b>



**Gambar 4.7** Grafik Hasil Pengujian *Glossy Test*

---

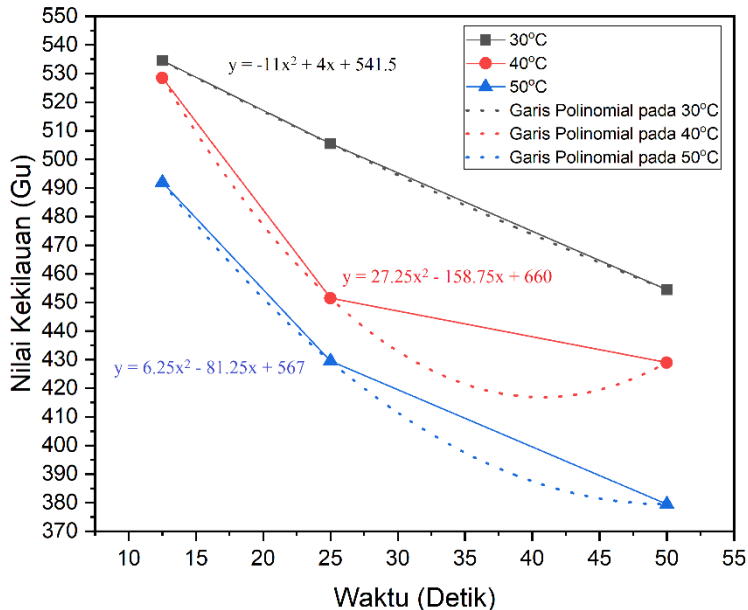
Berdasarkan Grafik Gambar 4.7, Nampak bahwasannya nilai kekilauan dari permukaan sampel elektroplating kuningan CuZn semakin menurun dengan menaiknya, waktu proses elektroplating dan naiknya temperatur elektrolit, hal ini terjadi karena dengan meningkatnya waktu proses elektroplating dan menaiknya temperatur menyebabkan semakin tingginya atau meningkatkannya potensi pengendapan atau potensi deposisi ke lapisan substrat dan menyebabkan penambahan ketebalan, selain itu kekilauan juga berhubungan dengan struktur butir yang terbentuk, apabila struktur yang terbentuk berbutir halus dan kecil maka kekilauan dari hasil lapisan tersebut juga akan mengalami kenaikan, hal ini sesuai dengan teori bahwasannya kecerahan menurun dengan meningkatnya potensi pengendapan dan berhubungan dengan struktur berbutir kecil dan halus, walaupun tidak harus berlapis (G. W. Marshall, 1973).

Selain itu kekilauan juga dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya ialah permukaan sampel substrat, lebih tepatnya kekasaran permukaan sampel, apabila permukaan sampel memiliki kehalusan yang baik, maka nilai kekilauan juga akan meningkat disbanding dengan permukaan sampel yang kontur yang kasar (Chen Xu, 1999). Menurut Dr. Julia Bejan (2017) dalam penelitiannya kekilauan dari suatu permukaan pelapisan ditentukan dengan berbagai parameter, yaitu kekasaran permukaan, ketebalan deposit, morfologi lapisan, dan parameter – parameter operasi lainnya.

Dalam penelitian ini pula, nilai dari kekilauan juga didapatkan dari kekilauan lapisan Nikel, karena lapisan nikel yang digunakan ialah lapisan jenis *Nikel Bright* yang sifatnya akan memberi tambahan kekilauan pada lapisan selanjutnya. Dilakukan penambahan lapisan dasar untuk lapisan finishing berupa nikel karena memiliki tampak rupa yang mampu menghasilkan tampilan yang mengkilap. Sehingga nikel terutama dilapiskan ke barang – barang logam yang kemudian dilapiskan lapisan utama seperti lapisan chrom dan kuningan, sehingga mampu meningkatkan tampak rupa yang baik dan menghasilkan kekilauan yang baik, atau

biasa dikenal dengan system flash plating (Saleh, 2014).

Dari hasil grafik pada gambar 4.7, dapat diketahui pola grafik yang dihasilkan lapisan elektroplating terhadap daya kekilauan, sehingga dari grafik tersebut dapat dihasilkan suatu persamaan regresi polinomial sederhana seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.8



**Gambar 4.8** Regresi Polinomial Hubungan Temperatur dan Waktu Elektroplating CuZn Terhadap Nilai Kekilauan Lapisan CuZn

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui persamaan regresi polinomial sederhana hubungan antara temperatur proses dan waktu proses elektroplating terhadap hasil kekilauan lapisan CuZn yang dihasilkan. Dari grafik tersebut didapatkan 3 persamaan regresi polinomial berbeda disetiap perubahan temperatur proses elektroplating. Untuk proses elektroplating pada temperature 30°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh

---

persamaan 4.4 sebagai berikut

$$y = -11x^2 + 4x + 541.5 \dots\dots\dots (4.4)$$

Sedangkan untuk proses elektroplating pada temperatur operasi 40°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.5 sebagai berikut

$$y = 27.25x^2 - 158.75x + 660 \dots\dots\dots (4.5)$$

Dan sedangkan untuk proses elektroplating pada temperatur operasi 50°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.6 sebagai berikut

$$y = 6.25x^2 - 81.25x + 567 \dots\dots\dots (4.6)$$

dari persamaan tersebut dapat diketahui “X” merupakan variabel waktu proses yang dilakukan, sedangkan “Y” merupakan hasil kekilauan lapisan dari proses elektroplating pada beberapa temperatur tersebut, sehingga dapat diketahui secara singkat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil kekilauan lapisan yang diinginkan dengan parameter proses yang telah ditentukan

#### **4.6 Analisa Daya Lekat / Adhesivitas**

Dalam pengujian Adhesivitas atau daya lekat lapisan digunakan 3 metode yaitu pengujian *Pull – Off*, *Bending Test*, dan *Rockwell C Adhesion Test*.

##### **4.6.1 Pengujian *Pull – Off***

Adhesi merupakan kemampuan tarik menarik antara dua partikel yang tidak sejenis. Kemampuan adhesi dari lapisan tipis dapat diukur dengan beberapa cara, ada cara *pull off test*, *bending test*, maupun *Rockwell C Adhesion Test*, namun sampai saat ini untuk mengetahui daya lekat suatu lapisan elektroplating secara tepat belum dapat dipastikan sehingga di penelitian ini

menggunakan tiga cara tersebut untuk menentukan hasil daya lekat atau *adhesifitas* dari lapisan hasil elektroplating.

Pengujian pertama menggunakan cara *pull – off test* sesuai dengan standard ASTM D4541 untuk menghasilkan nilai *pull off* secara kuantitatif, meskipun dihasil kenyataannya terdapat hasil yang memang kualitatif sehingga hasil inipun belum tentu menghasilkan. Hasil dari pengujian ini berdasarkan ASTM D4541 terdapat catatan khusus, yaitu teradapat dua tipe pelapasan dolly, yaitu *adhesi*, *kohesi* atau *glue failure*. *Adhesi* ialah saat dolly terlepas, dengan disertai terlepasnya lapisan *coating* sampai ke substrat, sedangkan *kohesi* atau *glue failure* ialah terlepasnya dolly tanpa terbawanya lapisan *coating*. Sehingga hal ini yang menyebabkan terkadang pengujian *dolly test* tidak mempresentasikan hasil yang valid.

Hasil dari pengujian *pull off test* dengan menggunakan dolly test dapat ditampilkan pada Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Pull – Off*.

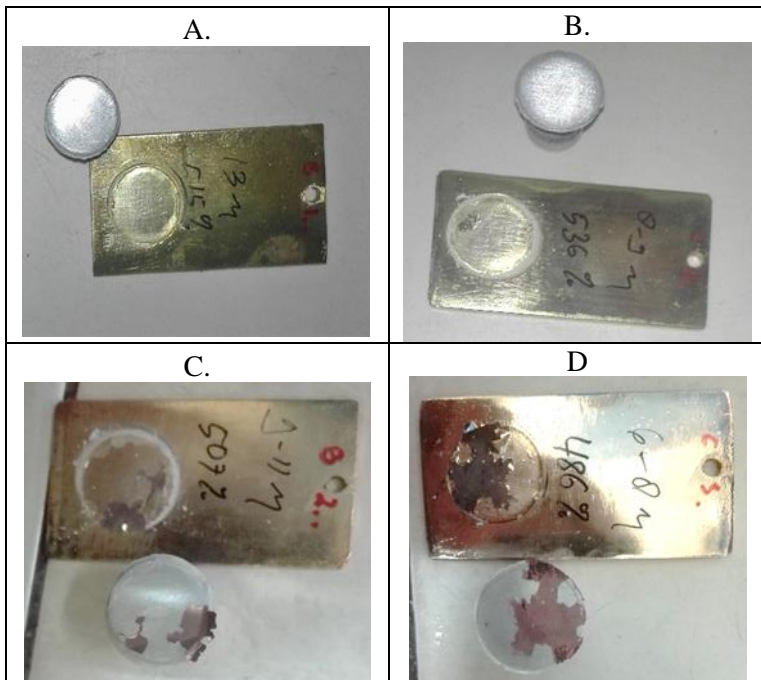
**Tabel 4.5** Hasil Pengujian *Pull – Off Test*

<b>Spesimen</b>	<b>Nilai <i>Pull – Off</i> (MPa)</b>	<b>Keterangan</b>
30/12.5	6.14	<i>Glue</i>
30/25	4.47	<i>Glue</i>
30/50	3.35	<i>Glue</i>
40/12.5	4.96	<i>Glue</i>
40/25	3.78	<i>Glue</i>
40/50	1.96	<i>Adhesi 35%</i>
50/12.5	3.45	<i>Glue</i>
50/25	2.77	<i>Glue</i>
50/50	1.77	<i>Adhessi 45 %</i>
Pembanding	3.47	<i>Glue</i>



Setelah dilakukan pengujian *pull – off test* dihasilkan data seperti berikut yang ditampilkan pada Tabel 4.5, dari data tabel diatas didapatkan beberapa bentukan hasil penarikan, yaitu adhesi dan kohesi atau *glue failure*.

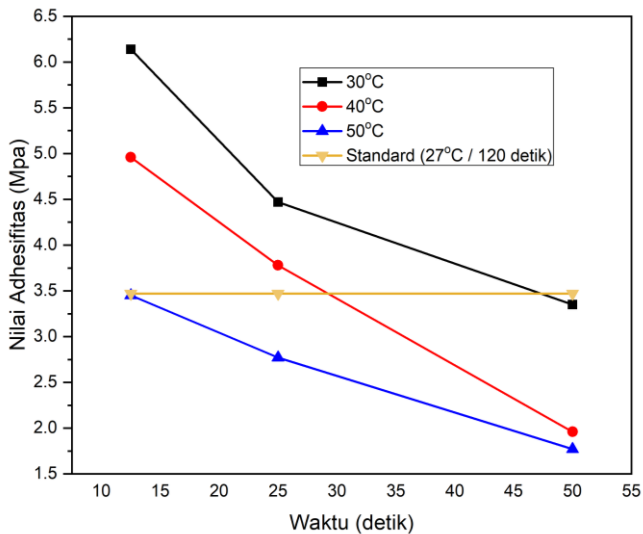
Hasil yang terangkat berupa *glue failure* atau *kohesi* menunjukkan bahwasannya lapisan dari *coating* tersebut bagus, karena lapisan dari *coating* tidak terangkat yang disebabkan oleh gaya adhesi antara *coatig* dan material substrat lebih kuat daripada gaya kohesi antar partikel *coating* atau dengan kata lain, menunjukkan bahwa ikatan *crosslinking* yang terdapat pada *coating* sendiri atau antar lapisan lebih rendah daripada ikatan yang terjadi antara lapisan dengan substrat.



**Gambar 4.9** Hasil Pengujian *Pull – Off Test* (A.) *Glue Failure* (B.) *Glue Filure* (C.) *Adhesi 35%* (D.) *Adhesi 45%*

Terakhir terdapat hasil pelepasan tipe adhesi, dari tipe ini menunjukkan bahwasannya daya lekat dari lapisan ini tidak terlalu bagus dikarenakan lapisan ini dapat terangkat dari substratnya, lebih jelas terkait hasil uji daya lekat dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Gambar 4.9 menunjukkan adanya tipe kerusakan yang terjadi yang diakibatkan oleh pengujian *pull – off test* nampak pada hasil adhesi yang terangkatnya lapisan CuZn sampai terlihat dari substrat spesimen, sedangkan pada tipe *glue failure* atau *kohesi* tidak terlihat terangkatnya lapisan yang menunjukkan lapisan tersebut tetap menyatu dengan substrat spesimen.



**Gambar 4.10** Grafik Nilai *Adhesifitas* Hasil Lapisan Elektropating

Dari Gambar 4.10 menunjukkan bahwasannya terjadi penurunan nilai *pull – off* yang sebanding dengan naiknya waktu proses elektropating dan naiknya temperatur proses, karena dengan naiknya waktu proses dan temperature menyebabkan nilai ketebalan menjadi semakin tinggi, dan apabila ketebalan semakin

tinggi menyebabkan daya lekat lapisan *coating* semakin menurun. Dan dibandingkan dengan batas pembanding, bahwasannya terdapat 5 titik yang dapat memenuhi data pembanding karena nilai dibawah pembanding menunjukkan daya lekat dari lapisan tersebut lebih buruk dibandingkan dengan data pembanding yang ada.

Semakin tebalnya lapisan akan membentuk tegangan antara lapisan dengan permukaan substrat sehingga akan menyebabkan tidak terbentuknya ikatan yang baik antara lapisan dengan permukaan substrat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Antunes, dkk (2017) yang menyatakan bahwasannya ketebalan lapisan ini merupakan parameter yang mempengaruhi kekuatan adhesi dari lapisan dan substrat. Semakin tebal lapisan akan membentuk suatu tegangan internal yang akan menyebabkan menurunkan daya kelekatan dari lapisan tersebut.

Hal ini terjadi dikarenakan ikatan kohesi pada lapisan lebih besar dari pada ikatan adhesi sehingga menyebabkan ketegangan pada permukaan sehingga mengakibatkan daya lekat lapisan pada permukaan substrat menjadi menurun dan menyebabkan mudah terkelupas (Tracton,2007).

Dari hasil grafik pada gambar 4.10, dapat diketahui pola grafik yang dihasilkan lapisan elektroplating terhadap daya lekat lapisan, sehingga dari grafik tersebut dapat dihasilkan suatu persamaan regeresi polinomial sederhana seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.11

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat diketahui persamaan regresi polinomial sederhana hubungan antara temperatur proses dan waktu proses elektroplating terhadap hasil daya lekat lapisan CuZn yang dihasilkan. Dari grafik tersebut didapatkan 3 persamaan regresi polinomial berbeda disetiap perubahan temperatur proses elektroplating. Untuk proses elektroplating pada temperature 30°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.7 sebagai berikut

$$y = 0.275x^2 - 2.495x + 8.36 \dots\dots\dots (4.7)$$

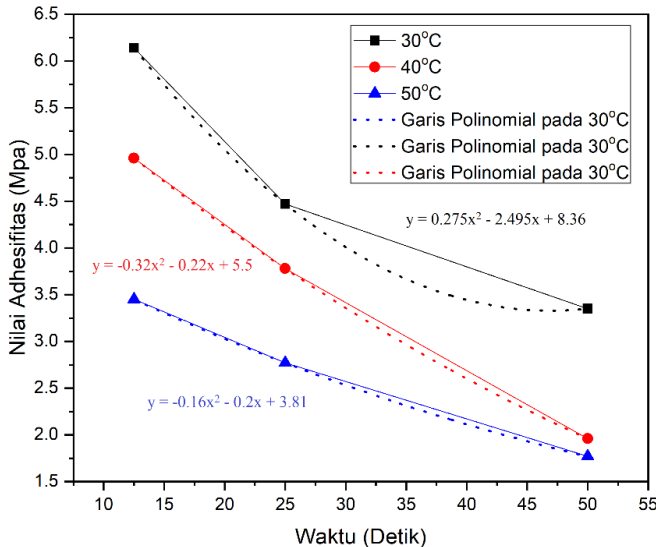
Sedangkan untuk proses elektroplating pada temperatur operasi 40°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.8 sebagai berikut

$$y = -0.32x^2 - 0.22x + 5.5 \dots\dots\dots (4.8)$$

Dan sedangkan untuk proses elektroplating pada temperatur operasi 50°C didapatkan persamaan regresi ditunjukkan oleh Persamaan 4.9 sebagai berikut

$$y = -0.16x^2 - 0.2x + 3.81 \dots\dots\dots (4.9)$$

dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwasannya x merupakan variabel waktu proses yang dilakukan, sedangkan y merupakan hasil daya lekat lapisan dari proses elektroplating pada beberapa temperatur tersebut, sehingga dapat diketahui secara singkat waktu yang dibutuhkan unruk mendapatkan hasil daya lekat lapisan yang diinginkan dengan parameter proses yang telah ditentukan



**Gambar 4.11** Regresi Polinomial Hubungan Temperatur dan Waktu Elektroplating CuZn Terhadap Nilai Daya Lekat Lapisan CuZn

#### 4.6.2 Pengujian *Mandrel Test (Bending Test)*

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Bending

		
30/12,5	30/25	30/50
		
40/12,5	40/25	40/50
		
50/12,5	50/25	50/50

Hasil uji *bending* menunjukkan lapisan kuningin CuZn pada spesimen terdapat beberapa hasil pelapisan yang masih menempel secara sempurna dan terdapat beberapa hasil pelapisan yang sudah mulai mengalami pengelupasan, beberapa lapisan yang mengalami pengelupasan terjadi pada spesimen dengan variabel

temperatur 50 °C, hal ini sesuai dengan hasil dari pengujian *pull – off* yang menunjukkan nilai *adhesifitas* yang rendah dan yang mengalami pengelupasan hasil dari *pull – off*. Hasil dari pengujian bending dapat dilihat pada tabel 4.6

Setelah melakukan pengujian *Bending* dilakukan pengelupasan atau pengangkatan lapisan, dari hasil tersebut spesimen yang dapat dikelupas tanpa menggunakan alat bantu atau benda tajam, hanya terdapat pada specimen dengan operasi 50 detik, pada temperatur 40°C dan 50°C Dengan pengujian ini semakin menguatkan bahwasannya semakin tebal lapisan yang digunakan menyebabkan semakin tingginya potensi untuk mengalami kerusakan baik berbentuk *crack* maupun berbentuk pengelupasan lapisan karena semakin tebal lapisan mengakibatkan semakin tingginya menimbulkan tegangan permukaan yang besar sehingga daya lekat dari lapisan juga sangat rendah dan *ductility* dari lapisan buruk sehingga tidak dapat mengikuti deformasi baja pada substrat dan mengakibatkan tegangan permukaan lapisan, retak, dan akhirnya mengelupas. (Malek, 2013)

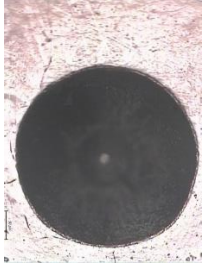
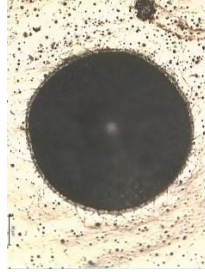
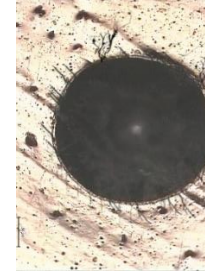
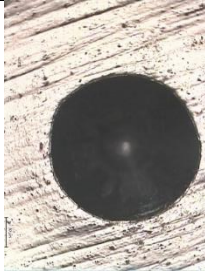
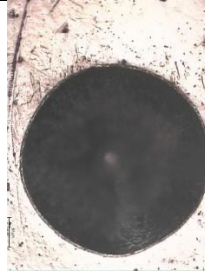
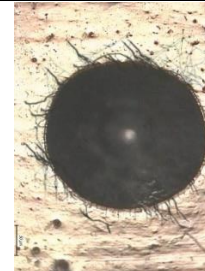

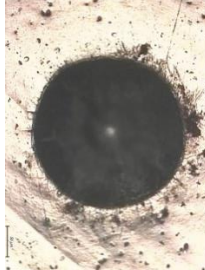
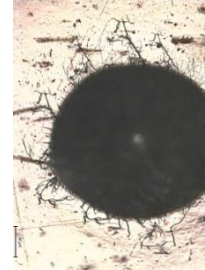
Pengujian *Bending* juga dilakukan pada hasil lapisan standar yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Acuan Standard Bending Test Hasil Pelapisan Elektroplating Kuningan dengan Kondisi Operasi 27°C dengan Waktu 120 Detik

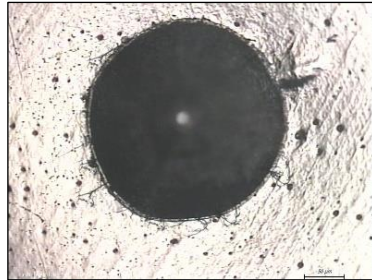
#### 4.6.3 Pengujian *Rockwell C Adhesion Test*

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Rockwell C

		
30/12,5	30/25	30/50
		
40/12,5	40/25	40/50
		
50/12,5	50/25	50/50

Pengujian *Rockwell C Adhesion Test* merupakan salah satu cara untuk mengukur kemampuan adhesi dari lapisan tipis melalui cara pendekatan secara kualitatif. Peengujian ini dilakukan dengan merusak lapisan tipis hingga menyebabkan kegagalan secara

kohesif dan adhesive (Heinke, 1995). Hasil pengujian Rockwell C ditunjukkan pada tabel 4.7 kemudian dibandingkan dengan standar yang telah ada, seperti pada Gambar 4.13



**Gambar 4.13** Acuan Standard Rockwell Test terhadap Hasil Pelapisan Elektroplating Kuningan dengan Kondisi Operasi 27°C dengan Waktu 120 Detik

Pada pengujian menggunakan metode *Rockwell C Adhesion Test* menghasilkan kesemuanya hasil lapisan dengan tipe direntang HF1 – HF4 yang menunjukkan bahwasannya hasil kekuatan adhesi hasil lapisan elektroplating tersebut cukup baik, namun pada sampel dengan variabel temperatur 50 °C waktu 50 detik termasuk golongan HF4, yaitu retakan pada lapisan yang terbentuk banyak dan memanjang, hal ini mengartikan bahwasannya sampel dengan 50 °C waktu 50 detik mempunyai lapisan yang tidak terlalu kuat, dan memiliki laminasi yang terjadi cukup besar, delaminasi yang terbentuk diakibatkan karena rendahnya sifat adhesi dari lapisan tersebut, (Heinke 1995).

Dengan hasil tersebut semakin menunjukkan bahwasannya hasil dari adhesifitas tersebut menghasilkan pelapisan elektroplating yang memiliki daya kelekatan yang buruk ialah pada 50 °C waktu 50 detik, karena sesuai dengan teori bahwasannya semakin tebal lapisan yang dihasilkan akan mengakibatkan suatu tegangan pada permukaan antara substrat dengan lapisan sehingga menyebabkan tidak terjadinya daya ikat antara substrat dengan pelapis tidak baik Antunes, dkk (2017).

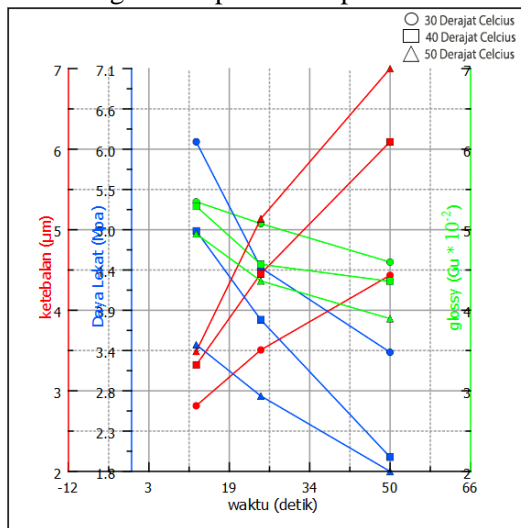


Selain itu, adhesi pada lapisan tipis dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kekesaran dan kebersihan substrat, struktur lapisan tipis, dan sifat mekanik pada lapisan tipis (Graham 1971).

Dari ketiga pengujian mengenai adhesifits lapisan tersebut, dapat dihasilkan beberapa pelapisan yang tidak layak digunakan. Diketahui sistem operasi untuk lapisan pada spesimen B3, C2, dan C3 menyebabkan terjadinya pengelupasan atau menunjukkan adhesifitsa lapisan yang buruk, sehingga dapat menyebabkan hasil lapisan yang buruk dan mudah mengalami pengelupasan.

#### 4.7 Penentuan Variasi Optimum

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan selanjutnya dilakukan pengumpulan grafik pengujian untuk menentukan titik potong dari grafik beberapa pengujian dan skoring yang keseluruhannya digunakan untuk menentukan hasil lapisan CuZn yang paling optimum dari berbagai variasi yang dihasilkan. Untuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Perpotongan dari Beberapa Grafik Terhadap Pengujian Hasil Lapisan Elektroplating CuZn  
Dari Gambar 4.14 dihasilkan beberapa potongan yang

menunjukkan saling berhubungannya, antar parameter terhadap hasil pelapisan elektroplating CuZn, namun pada grafik tersebut tidak dapat ditentukan nilai atau parameter yang dihasilkan secara optimum dengan kesemua variabel, hal ini dikarenakan terdapat grafik yang tidak dapat memotong keseluruhan dari tiap – tiap grafik pada temperatur proses yang sama. Selain itu, juga dilakukan pembuatan grafik kesemua variabel pada temperatur yang sama, yang digunakan untuk menentukan titik optimum pada beberapa temperatur, namun hasil dari pembuatan grafik juga menghasilkan yang sama yaitu tidak dapat ditentukan.

Dikarenakan untuk menentukan titik optimum hasil terbaik dari proses pelapisan menggunakan perpotongan pada grafik di Gambar 4.14 tidak dapat dihasilkan perpotongan yang jelas yang menyebabkan tidak dapat diperolehnya hasil yang valid dan maksimal, maka ditambahkan proses dengan cara skoring untuk menentukan nilai optimu yang sesuai pada tabel 4.8

**Tabel 4.8** Pembobotan Tiap Nilai Pengujian

Spesimen	Tebal	<i>Pull-off</i>	<i>Bending</i>	<i>Rockwell C</i>	<i>Glossy</i>	<i>Scoring</i>
30/12.5	3	1	2	3	2	36
30/25	3	1	2	2	2	24
30/50	3	1	1	1	2	6
40/12.5	3	1	2	3	2	36
40/25	3	1	1	3	2	18
40/50	2	0	0	1	2	0
50/12.5	3	1	2	2	2	24
50/25	3	1	1	2	2	12
50/50	2	0	0	1	1	0

**Keterangan:**

- Untuk pembobotan Ketebalan, menggunakan nilai 1 untuk ketebalan dengan nilai dibawah 2  $\mu\text{m}$ , nilai 2 untuk ketebalan 5  $\mu\text{m}$ , dan nilai 3 untuk ketebalan diantara 2  $\mu\text{m}$  – 5  $\mu\text{m}$ .

- 
- Untuk *glossy* menggunakan nilai 1 saat mempunyai glossy dibawah nilai pembanding (<398 Gu) dan nilai 2 saat mempunyai nilai glossy diatas nilai pembanding (>398Gu)
  - Untuk *Pull – Off* menggunakan nilai 0 untuk hasil terjadi pengangkatan lapisan (*adhesive failure*), dan nilai 1 untuk hasil yang mengalami *glue failure*
  - Untuk pembobotan Bending menggunakan nilai 0 untuk yang menunjukkan adhesifitas buruk (melepuh dan mengelupas tanpa alat bantu), dan nilai 1 untuk yang menunjukkan adhesifitas baik (melepuh dan mengelupas dengan alat bantu), 2 menunjukkan adhesifitas yang sangat baik (tidak mengalami pelepuhan dan pengelupasan dan tidak terbentuk *crack*).
  - Untuk pembobotan *Rockwell C* diurutkan dari nilai 3 dengan tingkat delaminasi terkecil atau hampir tidak ada, nilai 2 untuk delaminasi yang menengah, dan nilai 1 untuk delaminasi yang paling besar.

Dari pembobotan pada Tabel 4.8, dapat dilihat bahwa skor tertinggi adalah spesimen dengan operasi temperatur 30°C dengan waktu 12,5 detik dan spesimen dengan operasi 40°C dengan waktu 12,5. Keduanya memiliki sifat yang bagus, namun untuk penggunaan operasi 30°C dengan waktu 12,5 detik, sistem operasi tersebut memiliki resiko yang riskan karena lapisan yang terdeposisi memiliki lapisan yang sangat tipis, hampir mendekati tebal lapisan minum menurut ASM Handbook, sehingga apabila terdapat parameter yang tidak dikontrol bisa mengakibatkan lapisan dengan kombinasi ini tidak menempel secara merata, sehingga proses dengan temperatur 40°C dengan waktu 12,5 detik merupakan sistem operasi yang baik karena kombinasi sifat-sifat yang lebih baik dari lapisan lain sehingga dapat memangkas waktu produksi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan temperatur pada proses elektroplating menghasilkan ketebalan lapisan yang semakin meningkat, tetapi menurunkan daya lekat dan nilai kekilauan lapisan elektroplating kuningan. Pada temperatur elektroplating 50°C dengan waktu 50 detik menghasilkan nilai ketebalan terbesar yaitu 7.11  $\mu\text{m}$  dan nilai kekilauan terkecil 379.5 Gu.
2. Peningkatan waktu proses elektroplating menghasilkan ketebalan lapisan yang semakin meningkat, tetapi menurunkan daya lekat dan nilai kekilauan lapisan elektroplating kuningan. Pada waktu elektroplating 50 detik dengan temperatur 50°C nilai ketebalan terbesar adalah 7.11  $\mu\text{m}$  dan nilai kekilauan terkecil 379.5 Gu.
3. Setelah dilakukan pembobotan / skoring, didapatkan kombinasi sifat-sifat paling baik yaitu spesimen variasi temperatur 40°C dengan waktu 12,5 detik. Dimana hasilnya ialah nilai ketebalan 3.18  $\mu\text{m}$  dan nilai kekilauan 528.5 Gu.

#### 5.2 Saran

Adapun saran yang diperlukan mengenai penelitian ini antara lain:

1. Pengujian daya lekat perlu dilakukan kembali, sampai terangkatnya lapisan minimal 50% untuk mendapatkan hasil yang relevan

- 
2. Pengujian ketahanan lapisan CuZn terhadap oksidasi maupun korosi
  3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap fungsi pelapisan tembaga, dan pelapisan nikel terhadap hasil pelapisan CuZn
  4. Dilakukan beberapa pengujian yang bersifat mekanik

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Y. Musa, et-al.2008. “*Effects of Agitation, Current Density and Cyanide Concentration on Cu-Zn Alloy Electroplating*”. **European Journal of Scientific Research**. Vol.22 No.4.,517-524
- Andi. 2010. *Pengaruh Tegangan (1 – 3,5 v), Waktu (1,5 – 3,5 menit), dan Agitasi Pada Proses Pelapisan Kuningan Dekoratif Pada Pelat Baja ST-37 Berprofil Dengan Larutan ZONAX BRASS SALTMM dan Amonia 20 ml*. Bandung. ITB
- Antunes, Jose Fernando, Brito, Vinisius Ribeiro dos Santos de Sa, Bastos, Ivan Napoleao, Costa, Hector Reynaldo Meneses. 2013. “*Characterization of FeCr and FeCoCr alloy Coatings of Carbon Steels for Marine Environment Applications*”. **Applied Adhesion Science** 2013 1:3
- ASM Handbook. 1993. “*Properties and Selection: Iron Steel and High Performance Alloys*”. **Metals handbook. Vol 1**. pp 249-257 & 329-335
- ASTM, B 374 Standard Terminology Relating to Electroplating**
- Basmal, Bayuseno, dan Sri Nugroho, 2012. “*Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel pada Baja Karbon Renah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan*”. **ROTASI – Vol. 14, No. 2:** 23–28
- Bayliss, D. A. and Deacon, D. H. 2012. **Steelwork Corrosion Control. Second Edition**. Spon Press.London. Pp. 18-24
- Callister, William D. 2007. **Material Science and Engineering An. Introduction**. New York: John Wiley and Sons, Inc.Clarke et al
- Construction, S., 2017. **Steel Construction** [Online] [Accessed 23 January 2019]
- Davis, J.R. 2002. **Surface Hardening of Steels: Understanding the Basics**. USA: ASM International
- De Almeida, MRH. 2015. “*Copper–zinc electrodeposition in alkaline-sorbitol medium: Electrochemical studies and*

- 
- structural, morphological and chemical composition characterization*". **Applied Surface Science** **333** 13–22
- Denno. Andromeda.2011. **Pengaruh Amonia (10 & 20 ml) & NaOH (10 & 20 gr) Pada Larutan Zonax Brass Salt Untuk Proses Pelapisan Kuningan Dekoratif (anoda: 70% Cu-30% Zn) pada Pelat Baja**. Bandung. ITB.
- Di Bari JA. *Electrodeposition of nickel*. In: Schlesinger M, Paunovic M, editors. **Modern Electroplating**. John Wiley and Sons; 2000.
- El-Giar, et-al. 2000. "*Localized Electrochemical Deposition of Copper Microstructure*". **Journal of the Electrochemical Society**. Vol. **147**. No. **2**. Pp 586-591
- G.W. Marshall, 1973. "A Comparison of the Effects of Sodium Arsenite and Sodium Arsenoacetate Upon the Behaviour of A Cyanide Brass Plating Solution". **Electrodeposition and Surface Treatment**, **2 (1973174)** **233 - 243**  
Switzerland: Elsevier Sequoia S.A.,
- Generalic, Eni. 2018. "**Covering power.**" *Croatian-English Chemistry Dictionary & Glossary*. Germany
- Goldschmidt, Arthur. 2007. "**BASF Handbook - Basics of Coating Technology**". Germany
- George A, Di Bari. 1994. ASM Handbook. Vol. 5. **Surface Engineering Nickel Plating**. ASM International
- Graham.1971. "**Electroplating Engineering Handbook**"  
NewYork: Van Nostrad Reinhold Co
- Hanson, Andrew R. 2006. **Good Practice Guide for the Measurement of Gloss**. United Kingdom: National Physical Laboratory
- Heinke W, Leyland A, Matthews A, Berg G, Friedrich C, Broszeit E.1995. "Evaluation of coatings, using impact, scratch and Rockwell-C adhesion tests". **Thin Solid Films** **270** 431 - 438.
- Horner. J. 1999. **Cyanide Cooper Plating, Plating & Surface Finishing**. USA
- Huang, Y and. Lou, H.H (2006) **Electroplating. In: Encyclopedia**
-



- 
- of Chemical Processing*, New York: Taylor and Francis,
- Kaneko, T dan Hartomo, A.J. 1992. ***Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)***. Yogyakarta: Andi Offset
- L.Oniciu.2009. “*Some fundamental aspects of levelling and brightening in metal electrodeposition*”. ***Journal of applied electrochemistry*** **21** 565-574 Romania. University of Cluj-Napoca
- Lawrence H Van vlack (1992), “*Ilmu dan teknologi Bahan*”. Jakarta: Erlangga
- Lewinhen, F.A. 2010. ***Modern Elektroplating***. London: John Wiley, Son inc
- Li, Chao, Xin-hai Li, Zhi-xin Wang, Hua Guo. 2007. ***Nickel Electrodeposition from Novel Citrate Bath***. China: Science Press
- Malek, M. H., 2013. ***Performance and Microstructure Analysis of 99.5% Aluminium Coating by Thermal Arc Spray Technique***. p. 558
- Manufacturers, A. C., 2017. ***The Portland Cement Association***. [Online] [Accessed 23 January 2019]
- Metco, S., 2013. ***An Introduction to Thermal Sprayed***. Kelsterbach Jerman: Sulzer Metco
- Mulyanti. 2016. ***Pengaruh Kadar Mangan (Mn) dan Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Baja Mangan Austenit***. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Nasser Kanani. 2004. ***Electroplating, Basic Principles, Processes and Practice***. MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall. Great Britain
- Nobuo Furuno. 1997. ***Methods for Measuring Throwing Power in Electrodeposition Ccoating***. **Technical Center, Nippon Paint Co. Ltd.**, Neyagawa City, Osaka 572 (Japan)
- Okumura, T dan Wiryosumarto, H. 2010. ***Teknologi Pengelasan Logam***. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Paridawati. 2013. ***Analisa Besar Pengarus Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome pada Plat Baja***
-

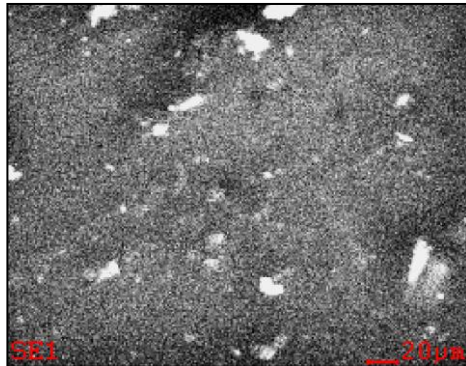
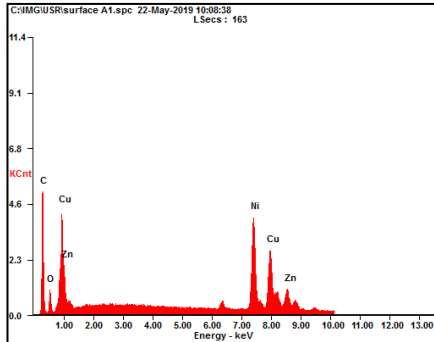
- 
- dengan Proses Elektroplating. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol 1. No 1.* Hal 36-44.
- Purwanto, Syamsul H. 2005. *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang: **Badan Penerbit Universitas Diponegoro**.
- Putra, Rizky Hari. 2016. *Studi Karakteristik Elektroplating Kuningan (Cu-Zn) Pada Baja Carbon Rendah (Fec) Sa 516 Dengan Variabel Waktu. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol 1. No 56.* Hal 45-55. Malang: UMM
- Rointan, F. Bunshah. 1994. *Handbook off Deposition Technologies for Films And Coatings*. USA: Noyes Publications.
- Roza, Mella. Et all. 2013. “*Kajian Sifat Konduktansi Membran Kitosan pada Berbagai Variasi Waktu Perendaman Dalam Larutan pb*”. **pillar of physics, vol. 1.** april 2013, 60-67
- Saadatmand, M., Sadeghpour, S., & Aghazadeh Mohandesi, J. (2011). *Optimisation of brass plating condition in plating of patented steel wire. Surface Engineering, 27(1)*, 19 – 25.
- Saleh, Azhar A. 2014. *Electroplating Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*. Bandung: Yrama Widya
- Saleim, M. S., Ahmed. A. M., and El Adl, A. F. 2014. *Electroplating in Steel in Presence of Isopropanol-Water Mixture. International Journal of Electrochemical Science. Vol. 9. No. 2.* Pp. 2016-2028
- Schlesinger, M. (2004). *Electroplating*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology
- Siregar, F. L. 2010. *Pengaruh Keasaman (pH), Waktu terhadap Tebal Lapisan dan Kecerahan Permukaan pada Pelapisan Emas terhadap Tembaga*. Tesis Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Sugianto. 2010. *Pengaruh Variasi Proses Zincate dan Parameter Electroplating Terhadap Karakteristik Lapisan Nikel Pada Alumunium Seri 1100*. Tesis Magister. Bandung: ITB
-

- 
- Sugiyarta et al. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Pada Proses Pelapisan Nikel Untuk Baja Karbon Rendah*. **Rotasi**. 14/4: 23 – 27
- Suhdi. 2009. *Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Pada Kekerasan Dan Kualitas Permukaan Deposit Menggunakan Larutan Citrate 17 Gram/Liter*. TesisMagister. Bandung: ITB
- Suherman, W. (1999). *Ilmu Logam 2*. Surabaya: ITS Press
- Sunil Kunar, et-al. 2015. *Factor Effecting Electro-Deposition Process*. India: Department of Mechanical Engineering, Uttaranchal University
- Supriadi, Harnowo. 2010. *Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Variasi Rapat Arus Pada Hard Chrome Electroplating Terhadap Karakteristik Permukaan Baja Karbon Rendah*. Universitas Lampung: Bandar Lampung
- Surdia, Tata. Saito, Shinroku. 2000 *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Sutomo et al. 2010. *Pengaruh Arus dan Waktu Pada Pelapisan Nikel dengan Elektroplating Untuk Bentuk Plat*. **Metana**. 6/2: 12 – 20
- Tracton, Arthur A. 2007. *Coatings Technology, Fundamentals, Testing, And Processing Techniques*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group
- Tromans, B. 1982. *The Canning Handbook: Surface Finishing Technology*. London; New York: Canning
- Xu, Chen et al. 1999. **Glossiness, Morphology and Microstructure of Electrodeposited Sn Films**. Beijing University: Lucent Technologies, Bell Laboratories, Murray Hill, NJ.

*(Halaman ini sengaja dikosngkan)*

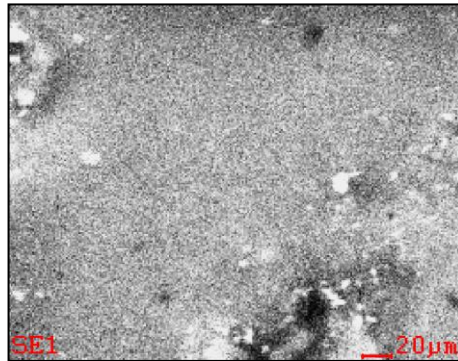
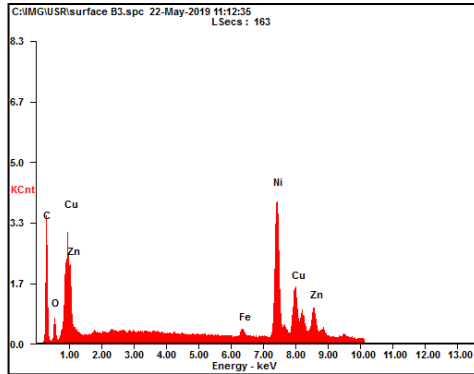
## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Hasil EDX pada Temperatur 30 °C waktu 25 detik



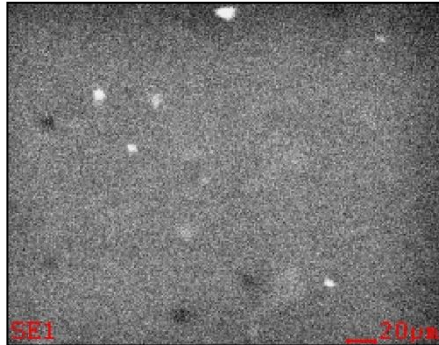
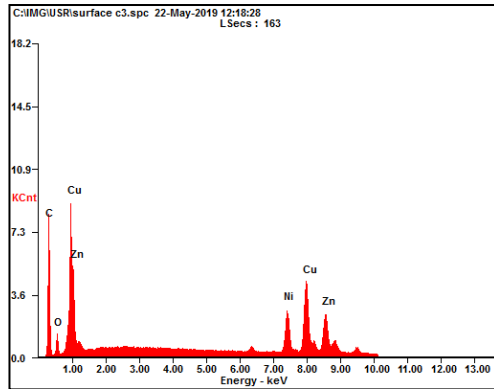
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	42.27	74.20
<i>OK</i>	05.45	08.23
<i>NiK</i>	20.99	07.54
<i>CuK</i>	20.55	06.82
<i>ZnK</i>	10.74	03.21
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

**Lampiran 2 : Hasil EDX pada Hasil EDX pada Temperatur 30 °C waktu 12,5 detik**



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	36.96	71.26
<i>OK</i>	05.27	06.48
<i>FeK</i>	01.73	00.72
<i>NiK</i>	31.23	12.32
<i>CuK</i>	14.86	05.42
<i>ZnK</i>	09.95	03.80
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

**Lampiran 3 : Hasil EDX pada Hasil EDX pada Temperatur 30 °C waktu 50 detik**



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	41.69	73.56
<i>OK</i>	06.97	09.23
<i>NiK</i>	09.11	03.29
<i>CuK</i>	25.08	08.36
<i>ZnK</i>	17.15	05.56
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

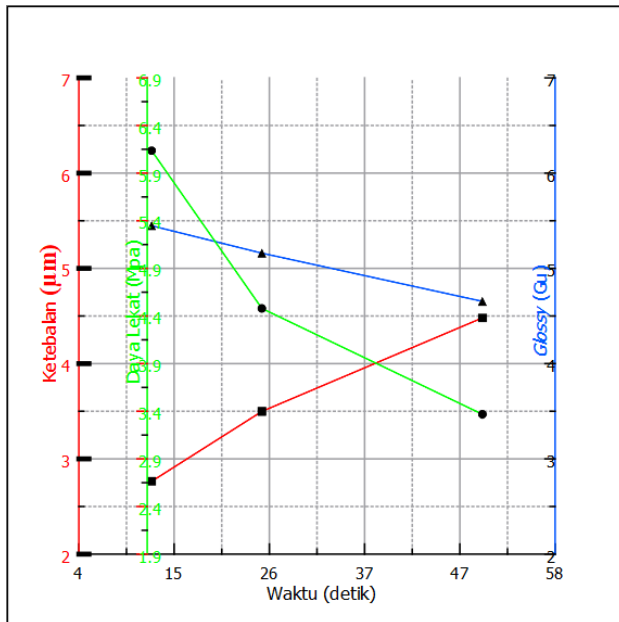
**Lampiran 4: Keterangan Pengklasifikasian nilai skoring**

Pengujian	Skor			
	0	1	2	3
Ketebalan	-	-Ketebalan nilai dibawah 2 $\mu\text{m}$ (ASM Handbook, Surface Engineering Vol5) -Tidak terlapisnya CuZn	-Ketebalan diatas batas pembanding (5.3 $\mu\text{m}$ )	-Ketebalan di rentang 2 $\mu\text{m}$ dan 5,3 $\mu\text{m}$
<i>Glossy Test</i>	Mempunyai nilai <i>glossy</i> dibawah nilai pembanding (<398 Gu)	Mempunyai nilai <i>glossy</i> diatas nilai pembanding (>398 Gu)	-	-
<i>Pull – off test</i>	-	-Hasil <i>pull-off</i> dapat mengangkat lapisan ( <i>adhesive faiiure</i> )	-Hasil <i>pull-off</i> tidak dapat mengangkat lapisan ( <i>glue failure</i> )	-
<i>Bending Test</i>	Adhesifitas (hasil lapisan dapat dikelupas tanpa lat bantu setelah proses bending)	-adhesifitas lumayan baik (hasil lapisan tidak dapat dikelupas tanpa alat bantu, setelah proses bending)	-Tidak mengalami pelepasan, dan tidak terjadi crack, setelah proses bending	
<i>Rockwell</i>	-	-Terjadi	--Terjadi	-tingkat

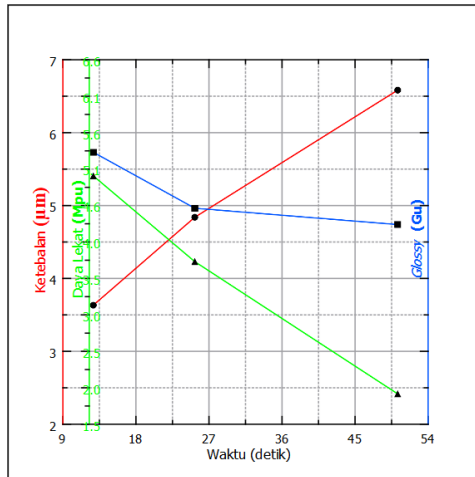


Pengujian	Skor			
	0	1	2	3
C		deliminasi yang terbesar atau paling banyak	deliminasi menengah	deliminasi kecil atau hamper tidak ada

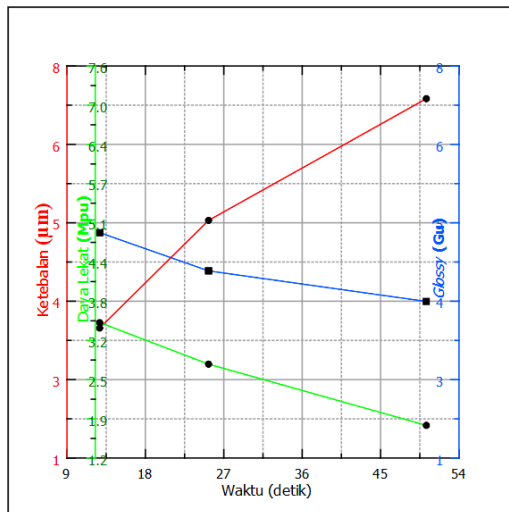
**Lampiran 5:** gambar Grafik Semua Pengujian Variabel dengan waktu di berbagai temperatur proses



Grafik hasil pengujian pada temperatur 30°C



Grafik hasil pengujian pada temperatur 40°C



Grafik hasil pengujian pada temperatur 50°C

**Lampiran 6: Hubungan Persamaan Ketebalan dengan Volume deposit**

$$V = a * h \dots\dots\dots(1)$$

$$h = \frac{V}{a} \dots\dots\dots(2)$$

$$V = \frac{w}{d} \dots\dots\dots(3)$$

$$h = \frac{w}{ad} \dots\dots\dots(4)$$

$$w = Z * Q \dots\dots\dots(5)$$

$$Z = \frac{A_{wt}}{n * F} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q = i * t \dots\dots\dots(7)$$

$$h = \frac{w}{ad} = \frac{Z * Q}{a * d} = \frac{A_{wt} * Q}{n * F * a * d} \dots\dots\dots(8)$$

$$h = \frac{A_{wt} * i * t}{n * F * a * d} \dots\dots\dots(9)$$

**Keterangan :**

**V = Volume**

**A = Luas Permukaan**

**h = Tinggi (tebal)**

**W<sub>at</sub> = Besar Atom Relatif**

**D = Densitas**

**n = Elektron terdeposisi**

**F = konstanta Faraday**

**a = Luas Permukaan**

**t = Waktu**

**I = Kuat Arus**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, diantaranya;

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah menjadi sumber motivasi dalam pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materiil, dan doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
2. Nella, Handis, dan Herdi selaku teman seperjuangan pada topik tugas akhir ini.
3. Teman-teman Laboratorium Manufaktur dan Laboratorium Kimia Material yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini
4. Dimas, Firman, dan teman – teman Antasena yang telah menerima kehadiran penulis dan membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
5. Serta teman MT17 seperjuangan kuliah dan tempat berbagai cerita dalam berbagai hal
6. Teman-teman dan keluarga BEM FTI – ITS “Torsi – Harmonika – Interaksi” keluarga serta sekolah yang telah memberikan pelajaran dan pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini
7. Seluruh teman presidium FTI dan ITS serta teman penggerak penggerak ormawa di ITS yang telah memberikan banyak cerita berkesan dimasa kuliah penulis
8. Mas dan Mbak MT 13 dan MT14 yang memberikan banyak pembelajaran dan bimbingan selama di masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaannya dan ilmunya.
9. Adik – Adik MT 18 dan MT 19 yang memberikan banyak dukungan kepada penulis dan kerja sama yang baik selama di masa perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini

*(Halaman ini sengaja diosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Abim Sebastyantito, Penulis merupakan anak dari pasangan Sudarto dan Sri Cahyowati, Lahir di Madiun pada tanggal 07 November 1996. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD 04 Glonggong. Kemudian dilanjutkan ke jenjang pertama di SMPN 1 Dolopo. Selanjutnya dilanjutkan ke jenjang atas di SMAN 1 Ponorogo. Kemudian penulis melanjutkan bidang pendidikannya di perguruan tinggi negeri yaitu di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

Selama menempuh perkuliahan penulis sudah aktif mengikuti berbagai pelatihan, seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra-Tingkat Dasar atau LKMM Pra-TD, LKMM TD, LKMM TM, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah dan Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa FTI – ITS sebagai staff departemen dalam negeri periode 2016/2017. Pada tahun berikutnya penulis diamanahi sebagai Ketua BEM FTI – ITS kabinet “Harmonisasi Berkarya” periode 2017/2018. Penulis pernah menjalankan kerja praktek selama 1 bulan di PT. GMF Aeroasia, Tangerang

Di Departemen Teknik Material penulis melakukan penelitian Tugas Akhir bidang studi Proses Manufaktur, pada Laboratorium Proses Manufaktur dengan judul tugas akhir “Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Waktu Proses Elektroplating Kuningan pada Baja Karbon Rendah Terhadap Daya Lekat, Ketebalan, dan Kecerahan Hasil Pelapisan”. Penulis memiliki email yang dapat dihubungi yakni [sebastyan212@gmail.com](mailto:sebastyan212@gmail.com), dan nomor telepon 085856166792

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*