

**PENGARUH VARIASI WAKTU *ELEKTROPLATING*  
TEMBAGA , NIKEL DAN TEMBAGA – NIKEL – FERRO  
TERHADAP LAJU KOROSI PADA BAJA KARBON RENDAH**



**Agung Tris Mulyadi**

**5315134480**

**Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

TANGGAL

Ahmad Kholil, S.T, M.T  
NIP : 197908312005011001  
(Dosen Pembimbing I)



08 / 02 / 2018

Ferry Budhi Susetyo, S.T, M.Si  
NIP : 198202022010121002  
(Dosen Pembimbing II)



31 / 01 / 2018

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Dr. Riza Wirawan, S.T, M.T  
NIP.197804112005011003  
(Ketua Penguji)



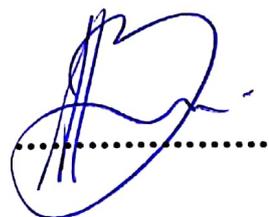
30 / 01 / 2018

Siska Titik Dwiwati, S.Si, M.T  
NIP.197812122006042002  
(Sekretaris)



06 / 02 / 2018

Dr. Imam Basori, M.T  
NIP.197906072008121003  
(Dosen Ahli)



30 / 01 / 2018

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta



Ahmad Kholil, S.T.,M.T.  
NIP 197908312005011001

## HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Ahmad Kholil ,S.T, M.T</u> NIP : 197908312005011001 (Dosen Pembimbing I)	.....	.....
<u>Ferry Budhi Susetyo , S.T , M.Si</u> NIP : 198202022010121002 (Dosen Pembimbing II)	.....	.....

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

<u>Dr. Riza Wirawan ,S.T, M.T</u> NIP.197804112005011003 (Ketua Penguji )	.....	.....
<u>Siska Titik Dwiwati ,S.Si, M.T</u> NIP.197812122006042002 (Sekretaris)	.....	.....
<u>Dr. Imam Basori , M.T</u> NIP.197906072008121003 (Dosen Ahli)	.....	.....

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

Ahmad Kholil, S.T.,M.T.  
NIP. 197908312005011001

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agung Tris Mulyadi  
No. Registrasi : 5315134480  
Tempat, tanggal lahir : Tangerang, 04 Juni 1995  
Alamat : Perumahan Pondok Alam Permai Blok H2 No.24 RT.007  
RW.07 , Kelurahan Alam Jaya , Kecamatan Jatiuwung , Kota  
Tangerang

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu *Elektroplating* Tembaga, Nikel dan Tembaga – Nikel – Ferro Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah”**
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta , Januari 2018  
Yang Membuat Pernyataan

**Agung Tris Mulyadi**

5315134480

## ABSTRAK

**Agung Tris Mulyadi**, Pengaruh Variasi Waktu *Elektroplating* Tembaga , Nikel dan Tembaga – Nikel – Ferro Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin , Konsentrasi Produksi , Fakultas Teknik , Universitas Negeri Jakarta , Januari 2018

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh yang terjadi akibat adanya variasi waktu pelapisan *elektroplating* tembaga , nikel dan tembaga – nikel – ferro terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat adalah Laju korosi spesimen elektroplating tembaga pada baja karbon rendah dalam larutan korosif HCl 3,5% pada waktu pelapisan 3 menit memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen elektroplating tembaga dengan variasi waktu lainnya yaitu 0,04615mm/year. Laju korosi spesimen elektroplating nikel pada baja karbon rendah dalam larutan korosif HCl 3,5% pada waktu pelapisan 30 menit memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen elektroplating nikel dengan variasi waktu lainnya yaitu 0,03638 mm/year. Laju korosi spesimen elektroplating tembaga – nikel - ferro pada baja karbon rendah dalam larutan korosif HCl 3,5% pada waktu pelapisan 30 menit memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen elektroplating tembaga - nikel – ferro dengan variasi waktu lainnya yaitu 0,03981 mm/year.

Kata Kunci : waktu, elektroplating tembaga – nikel – ferro , laju korosi

## ABSTRACT

Agung Tris Mulyadi, *The Effect of Timing Variation of Electroplating Copper , Nickel and Copper - Nickel - Ferro Against Corrosion Rate On Low Carbon Steel. Study Program of Mechanical Engineering, Production Concentration, Faculty of Engineering, Jakarta State University, January 2018*

*This study aims to determine whether or not the effect is due to the time variation of electroplating coating of copper, nikel and copper - nickel - ferro to corrosion rate on low carbon steel.*

*The method used in this research is experimental method. The corrosive rate of copper electroplating specimens on low carbon steel in a 3.5% HCl corrosive solution at 3 minute coating has the highest corrosive resistance compared to copper electroplating specimens with other time variations of 0.04615mm / year. The corrosive rate of nickel electroplating specimens on low carbon steel in a 3.5% HCl corrosive solution at 30 minute coating time has the highest corrosion resistance compared to nickel electroplating specimens with other time variations of 0.03638 mm / year. The corrosion rate of copper electroplating specimens - nickel - ferro on low carbon steel in a 3.5% HCl corrosive solution at 30 min coating time has the highest corrosion resistance compared to copper - nickel - ferro electroplating specimens with another time variation of 0.03981 mm / year.*

*Keywords: time , copper electroplating - nickel - ferro, corrosion rate*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat, Karunia dan Hidayah Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu Elektroplating Tembaga , Nikel dan Tembaga – Nikel – Ferro Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan juga selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak. Ferry Budhi Susetyo , S.T , M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. H. Syamsuir , M.T selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan selama perkuliahan
4. Staff Laboratorium Teknik Mesin UNJ yang telah banyak membantu saya dalam melaksanakan skripsi ini.

5. Bapak Alm. Suryadi dan Sudarsinah yang telah memberikan dukungan moril maupun materil dan doa yang terbaik.
6. Keluarga Teknik Mesin Kelas C Reguler 2013 yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta selalu ada saat susah maupun senang.
7. Seluruh teman-teman Teknik Mesin UNJ, terutama angkatan 2013 yang telah memberikan semangat dan dukungan.
8. Seluruh pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah turut serta membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Untuk itu saya mohon maaf apabila terdapat kesalahan baik dari segi isi ataupun tulisan dan baik yang disengaja ataupun tidak disengaja. Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri saya sendiri dan umumnya bagi para pembaca.

Jakarta, Januari 2018

Penulis

**Agung Tris Mulyadi**

5315134480

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Perumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. <i>Elektroplating</i> .....	6
2.2. Prinsip Kerja <i>Elektroplating</i> .....	9
2.3. Pelapisan Tembaga.....	11
2.4. Pelapisan Nikel.....	15
2.5. Baja Karbon.....	19
2.6. Korosi.....	21
2.7. Laju Korosi.....	23
2.8. Penelitian Relevan.....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Tujuan Operasional Penelitian.....	27
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.3. Alat dan Bahan.....	27
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	29
3.5. Teknik dan Prosedur Pengambilan Data.....	32
3.6. Teknik Analisa Data.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Pengujian Korosi.....	38
4.1.1. Non <i>Elektroplating</i> .....	39
4.1.2. <i>Elektroplating</i> Tembaga.....	41
4.1.3. <i>Elektroplating</i> Nikel.....	44
4.1.4. <i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel - Ferro.....	47

<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	52
5.2. Saran.....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>54</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Komposisi Larutan Elektrolit Tembaga.....	33
Tabel 3.2. Komposisi Larutan Elektrolit Nikel.....	33
Tabel 3.3. Komposisi Larutan Elektrolit Tembaga – Nikel - Ferro.....	33
Tabel 3.4. Data Uji Laju Korosi.....	36
Tabel 3.5. Keterangan Spesimen.....	36
Tabel 4.1. Data Uji Laju Korosi Non <i>Elektroplating</i> .....	38
Tabel 4.2. Data Uji Laju Korosi Tembaga.....	40
Tabel 4.3. Data Uji Laju Korosi Nikel.....	43
Tabel 4.4. Data Uji Laju Korosi Tembaga – Nikel - Ferro.....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Rangkaian Proses Pelapisan Dengan Listrik .....	9
Gambar 2.2.	Skema Proses <i>Elektroplating</i> Tembaga.....	12
Gambar 2.3.	Skema Proses <i>Elektroplating</i> Nikel.....	16
Gambar 2.4.	Karakteristik Mekanis dan Aplikasi Pemakaian dari Beberapa Jenis Baja .....	20
Gambar 2.5.	Proses Korosi Pada Besi.....	21
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 3.2.	Spesimen <i>Elektroplating</i> .....	32
Gambar 3.3.	Proses <i>Elektroplating</i> .....	34
Gambar 3.4.	Proses Pengujian Laju Korosi .....	35
Gambar 3.5.	Proses Penimbangan Spesimen .....	35
Gambar 4.1.	Spesimen Uji Laju Korosi <i>Elektroplating</i> Tembaga.....	37
Gambar 4.2.	Spesimen Uji Laju Korosi <i>Elektroplating</i> Nikel.....	37
Gambar 4.3.	Spesimen Uji Laju Korosi <i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel – Ferro.....	37
Gambar 4.4.	Grafik Penurunan Massa Non <i>Elektroplating</i> .....	38
Gambar 4.5.	Grafik Kehilangan Massa Non <i>Elektroplating</i> .....	39
Gambar 4.6.	Grafik Penurunan Massa <i>Elektroplating</i> Tembaga .....	40
Gambar 4.7.	Grafik Kehilangan Massa Tembaga.....	41
Gambar 4.8.	Grafik Perbandingan Laju Korosi Antara Non <i>Elektroplating</i> <i>Elektroplating</i> Tembaga.....	42
Gambar 4.9.	Grafik Penurunan Massa <i>Elektroplating</i> Nikel .....	44
Gambar 4.10.	Grafik Kehilangan Massa <i>Elektroplating</i> Nikel.....	44
Gambar 4.11.	Grafik Perbandingan Laju Korosi Antara Non <i>Elektroplating</i> <i>Elektroplating</i> Nikel.....	46
Gambar 4.12.	Grafik Penurunan Massa <i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel – Ferro .....	47
Gambar 4.13.	Grafik Kehilangan Massa <i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel - Ferro .....	48
Gambar 4.14.	Grafik Perbandingan Laju Korosi Antara Non <i>Elektroplating</i> <i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel – Ferro .....	50
Gambar 4.15.	Larutan Korosif HCl 3,5% Sebelum dan Sesudah Pengujian ..	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Laju Korosi.....	55
Lampiran 2. Hasil Uji Laju Korosi Non Elektroplating.....	59
Lampiran 3. Hasil Uji Laju Korosi Elektroplating Tembaga.....	60
Lampiran 4. Hasil Uji Laju Korosi Elektroplating Nikel.....	63
Lampiran 5. Hasil Uji Laju Korosi Elektroplating Tembaga – Nikel - Ferro..	66

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan industri, ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan logam tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari, dengan demikian logam harus memiliki tampilan sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan, misalnya untuk penggunaan berbagai peralatan rumah tangga dan konstruksi, logam harus memiliki tampilan indah, menarik dan tahan korosi serta khusus untuk keperluan konstruksi memerlukan kekuatan mekanis tertentu, sehingga dibutuhkan upaya penyelesaian tahap akhir (*finishing*) untuk mempercantik maupun melindungi logam dari bahaya kerusakan dan meningkatkan kekuatan mekanis logam (Hartomo dan Koneko, 1995)

*Carbon steel* atau baja karbon merupakan salah satu jenis logam yang banyak diaplikasikan pada dunia industri terkait dengan penanganan asam, basa ataupun garam. Namun jenis logam ini memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan korosi. Asam klorida adalah salah satu jenis asam yang sangat agresif dan korosif. Untuk bagian yang terpapar dalam lingkungan korosif biasanya digunakan material paduan logam berbasis nikel yang memiliki ketahanan korosi tinggi. Namun material ini masih termasuk material yang jarang dan mahal karena di Indonesia sendiri masih belum mampu memproduksi material paduan logam berbasis nikel ini. Di dunia industri, harga material merupakan salah satu faktor yang cukup dipertimbangkan dalam pemilihan material untuk menekan biaya produksi. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk memperbaiki performa kerja

dari *carbon steel* agar ketahanan korosinya lebih baik dan dapat diaplikasikan lebih optimal dan luas lagi. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan korosi dari *carbon steel* yaitu dengan cara memberikan lapisan proteksi pada permukaan *carbon steel* dengan paduan logam yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap lingkungan korosif. Dengan langkah tersebut diharapkan biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi material *carbon steel* yang lebih tahan terhadap korosi tidak terlalu tinggi. (Fredina , 2013)

Pelapisan logam dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu secara pelelehan, semprot, endap, vakum, *sherazing*, *rich coating*, dan *electroplating*. Namun, Di dunia Industri sering menggunakan cara *Elektroplating*. *Elektroplating* adalah proses pengendapan ion-ion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda) secara elektrolisis. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Untuk hal tersebut dibutuhkan arus listrik searah (DC) dan tegangan yang konstan. Beberapa macam logam pelapis yang sering digunakan dalam proses pelapisan secara elektroplating, yaitu tembaga (Cu), Nikel (Ni), krom (Cr) dan lain – lain. ( Febrian , 2012 )

Nikel dan tembaga merupakan logam yang banyak digunakan dalam industri pelapisan logam. Nikel mempunyai sifat tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan dan kekerasan yang cukup, keliatan yang baik, serta memiliki daya hantar listrik yang baik. Nikel berwarna putih keperak-perakan, berkristal halus, sehingga apabila dipoles akan tampak rupa yang indah dan mengkilap. Sedangkan , Tembaga merupakan logam yang mempunyai sifat lunak dan ulet, tidak terlalu teroksidasi oleh udara. Karena sifatnya pula yang elektropositif (mulia), tembaga

mudah diendapkan oleh logam yang deret daya gerak listriknya lebih tinggi semisal besi. Plating tembaga mudah dilakukan demikian pula dengan larutannya yang mudah dikontrol. Tembaga bagus digunakan sebagai lapisan dasar sebelum plating berikutnya. ( Basmal , 2012 )

Pada penelitian Viktor Malau pada tahun 2011 yang membahas tentang pengaruh variasi waktu dan konsentrasi NaCl terhadap kekerasan dan laju korosi dari lapisan nikel *elektroplating* pada permukaan baja karbon sedang menyatakan bahwa lapisan nikel meningkatkan kekerasan dan menurunkan laju korosi secara signifikan. Kekerasan meningkat, tetapi laju korosi menurun seiring dengan naiknya lama elektroplating.

Pada penelitian lainnya , penelitian Basmal dkk pada tahun 2012 yang membahas tentang pengaruh variasi suhu dan waktu pelapisan tembaga – nikel pada baja karbon rendah secara *elektroplating* terhadap nilai ketebalan dan nilai kekasaran menyatakan bahwa suhu dan waktu pelapisan berpengaruh signifikan terhadap nilai ketebalan dan kekasaran permukaan.

Dari uraian diatas melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “ Pengaruh Variasi Waktu *Elektroplating* Tembaga, Nikel dan Tembaga – Nikel – Ferro Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah”

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah:

- a) Bagaimana hasil laju korosi pada *elektroplating* tembaga pada baja karbon rendah ?
- b) Bagaimana hasil laju korosi pada *elektroplating* nikel pada baja karbon rendah ?
- c) Bagaimana hasil laju korosi pada *elektroplating* tembaga – nikel - ferro pada baja karbon rendah ?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah disebutkan di atas, untuk mempermudah penelitian ini, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut :

- a) Spesimen yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja karbon rendah
- b) Penelitian ini melakukan 3 pelapisan *elektroplating* yaitu *elektroplating* tembaga , *elektroplating* nikel dan *elektroplating* tembaga – nikel - ferro
- c) Penelitian ini menggunakan variasi waktu pelapisan untuk tembaga yaitu 1 menit , 2 menit dan 3 menit. Sedangkan untuk nikel dan paduan tembaga – nikel – ferro menggunakan variasi waktu yaitu 10 menit , 20 menit dan 30 menit.
- d) Pengujian laju korosi menggunakan metode *Weight Loss*.

#### 1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi latar belakang , identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah disebutkan diatas, maka dapat dirumuskan masalah adalah Bagaimana pengaruh variasi waktu *elektroplating* tembaga , nikel dan tembaga – nikel – ferro terhadap laju korosi pada baja karbon rendah ?

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu *elektroplating* tembaga terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu *elektroplating* nikel terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.
3. Mengetahui pengaruh variasi waktu *elektroplating* tembaga – nikel – ferro terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.

#### 1.6 Manfaat Penelitian

- a) Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan menjadi rekomendasi dalam hasil *elektroplating* tembaga , nikel dan paduan tembaga – nikel - ferro terhadap laju korosi pada baja karbon rendah
- b) Bagi penulis, penelitian ini berguna untuk menambah ilmu tentang pelapisan dan korosi yang didapat dibangku perkuliahan, selain itu penelitian ini juga dapat memberikan pengalaman kepada peneliti tentang pelapisan logam khususnya *elektroplating*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### **2.1 Elektroplating**

Proses pelapisan dengan cara listrik ( *elektroplating* ) adalah proses pelapisan logam dan non logam yang menggunakan arus listrik searah (*directcurrent/DC*) melalui metode elektrolisis. Lapis listrik memberikan suatu perlindungan logam dengan memanfaatkan logam – logam tertentu sebagai lapis lindung atau *coating* misalnya tembaga , nikel , seng , krom , emas , perak , kuningan , perunggu dan lain sebagainya ( Azhar A. Saleh , 2008 : 1 )

Dilihat dari fungsi , tujuan dan jenis logam pelapis pada pelapisan dengan cara listrik , dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

- Memperbaiki tampak rupa ( *decorative* ) contohnya lapis emas , perak kuningan dan perunggu.
- Melindungi logam dasar dari serangan korosi :
  - Melindungi logam dasar dengan logam yang lebih mulia , contohnya lapis emas , perak, platina pada baja
  - Melindungi logam dasar dengan logam yang kurang mulia, contohnya lapis seng, kadmium pada baja
- Meningkatkan ketahanan logam dasar terhadap gesekan contohnya lapis krom keras ( *hard chrom*).
- Memperbaiki kehalusan/bentuk permukaan dan toleransi logam dasar contohnya lapis nikel, krom, tembaga dan lain – lain.
- Membentuk benda dengan cara endapan yang dikenal dengan proses elektroforming contohnya, pembuatan lensa, bros dan lain – lain.

Elektroplating adalah proses pengendapan ion-ion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda) secara elektrolisa. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Untuk hal tersebut dibutuhkan arus listrik searah (DC) dan tegangan yang konstan.

Proses elektroplating dilakukan dalam bejana yang disebut sel elektrolisa berisi cairan elektrolit/rendaman (bath). Pada rendaman ini tercelup paling tidak dua elektroda yang masing-masing dihubungkan dengan arus listrik, terbagi menjadi kutub positif (+) dan negatif (-) dikenal sebagai anoda (+) dan katoda (-). Anoda dalam larutan elektrolit ada yang larut dan ada yang tidak larut. Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja sedangkan anoda yang larut berfungsi selain penghantar arus listrik juga sebagai bahan baku pelapis. Katoda diartikan sebagai benda kerja yang dilapisi, dihubungkan kutub negatif sumber arus listrik. Elektrolit berupa larutan yang molekulnya dapat larut dalam air dan terurai menjadi partikel-partikel bermuatan positif atau negatif.

Bila arus listrik dialirkan di antara kedua elektroda (anoda dan katoda) di dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif akan ditarik oleh katoda, sedangkan ion bermuatan negatif berpindah ke arah elektroda bermuatan positif (anoda). Ion-ion tersebut dinetralisir oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada katoda (benda kerja). Hukum Faraday merupakan basis utama pemahaman elektrokimia yang digunakan dalam proses elektroplating sampai saat ini, berbunyi :

1. Jumlah perubahan kimia oleh satuan arus listrik sebanding dengan banyaknya arus yang mengalir.

2. Jumlah aneka bahan berbeda yang dibebaskan oleh sejumlah tertentu listrik sebanding dengan berat ekivalen kimianya

Menurut Azhar A Saleh ( 2008 : 4 ) hukum Faraday di atas dapat diringkas bahwa pada elektrolit zat yang diendapkan berbanding lurus dengan waktu dan arus listrik. Berat logam yang diendapkan, dapat ditulis sebagai berikut:

$$B = \frac{I t e}{F}$$

dimana :

B	=	Berat logam yang diendapkan (gr)
e	=	Massa atom (gr/mol)
I	=	Arus listrik (Amp)
t	=	Waktu (detik)
F	=	Bilangan Faraday (96.500 Coulomb)

Hukum Faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus yang terjadi pada proses pelapisan dengan cara listrik. Efisiensi arus adalah perbandingan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen. Jadi , tegangan tidak akan berubah atau terpengaruh oleh besar kecilnya arus yang dipakai. Hubungan antara tegangan dan arus dapat dilihat pada rumus berikut ini.

$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana :

I	: Banyak Arus ( Ampere )
V	: Tegangan ( Volt )
R	: Tahanan ( Ohm )

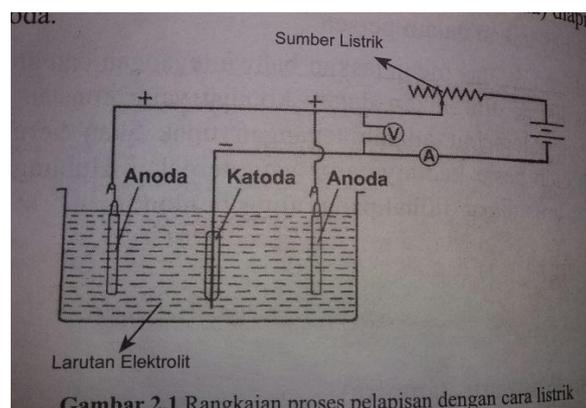
## 2.2 Prinsip Kerja *Elektroplating*

Menurut Azhar A Saleh ( 2008 : 5 ) Pada prinsipnya, pelapisan logam dengan listrik merupakan rangkaian dari arus listrik, elektroda ( anoda dan katoda ), larutan elektrolit dan benda kerja yang ditempatkan sebagai katoda. Keempat gugusan ini disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu rangkaian sistem lapis listrik dengan rangkaian sebagai berikut :

- Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik.
- Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik
- Anoda dan katoda direndamkan dalam larutan elektrolit

Apabila arus listrik searah dialirkan antara kedua elektroda (anoda dan katoda) dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sementara ion bermuatan negatif berpindah ke arah anoda. Ion – ion tersebut dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada katoda. Hasil yang terbentuk merupakan lapisan logam dan gas hidrogen.

Untuk jelasnya, rangkaian dan prinsip kerja proses lapis listrik dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.1 Rangkaian proses pelapisan dengan cara listrik

Menurut Azhar A Saleh ( 2008 : 15 ) Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi perlu diperhatikan, karena kondisi tersebut akan menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu lapisan yang dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu diperhatikan tersebut antara lain :

a) Rapat Arus ( *Current density* )

Rapat arus adalah bilangan yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir per luas unit elektroda. Terbagi dalam dua macam yaitu rapat arus katoda ( *cathode current density* ) dan rapat arus anoda ( *anode current density* ).

b) Tegangan ( *Voltage* )

Seperti yang telah dijelaskan bahwa pada proses pelapisan listrik, tegangan yang digunakan harus konstan sehingga yang divariabelkan hanyalah arusnya saja. Jadi , apabila luas permukaan benda bervariasi , maka rapat arusnya saja yang divariasikan, sedangkan tegangannya tetap

c) Temperatur ( Suhu Larutan )

Temperatur larutan dapat mempengaruhi hasil lapisan. Kenaikan temperatur larutan menyebabkan bertambahnya ukuran kristal. Pada temperatur tinggi, daya larut bertambah besar dan terjadi pengurangan garam logam yang menjadikan tingginya konduktivitas serta menambah mobilitas ion logam tetapi viskositas jadi berkurang sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya.

Peristiwa reduksi ini cenderung mengakibatkan pada lapisan yang kasar, tetapi keuntungannya akan mengurangi terserapnya gas hidrogen dalam lapisan, menurunkan tegangan dan mengurangi kerapuhan.

d) pH larutan

pH dipakai untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit dan dalam operasi lapis listrik, pH larutan dapat diatur/diukur dengan alat ukur pH meter atau pH *colorimeter*. Tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat atau mengecek kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang lebih baik.

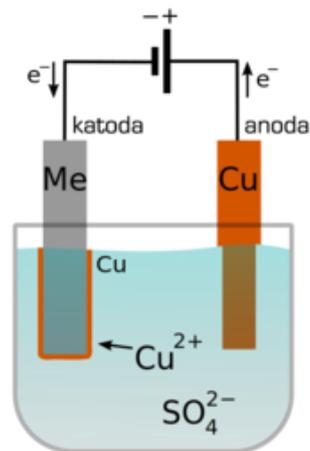
Umumnya untuk larutan yang bersifat basa, derajat keasaman pH-nya berkisar antara 11 - 14, sedangkan untuk larutan asam, pH – nya berkisar 4,5 – 5,6. Untuk mengatur nilai pH sesuai dengan yang diinginkan, digunakan sodium atau pottasium hidroksida atau asam sulfat untuk larutan yang bersifat asam.

### **2.3 Pelapisan Tembaga (*Copper*)**

Menurut Azhar A Saleh ( 2008 : 72 ) tembaga ( copper ) merupakan logam yang bersifat lunak, menarik, liat , tahan korosi , daya hantar panas baik , konduktivitas listrik yang tinggi dan tahan oksidasi pada larutan non asam, tetapi tidak tahan dalam larutan asam. Bila dibiarkan diudara terbuka akan terjadi reaksi oksidasi dengan oksigen membentuk lapisan oksida tembaga berwarna gelap atau hijau perunggu.

Tembaga mempunyai sifat lunak dan ulet, tidak terlalu teroksidasi oleh udara. Karena sifatnya pula yang elektropositif (mulia), tembaga mudah diendapkan oleh logam yang deret daya gerak listriknya lebih tinggi semisal besi. Plating tembaga mudah dilakukan demikian pula dengan larutannya yang mudah dikontrol. Tembaga bagus digunakan sebagai lapisan dasar sebelum plating berikutnya.

Penggunaan lapisan tembaga sangat luas karena selain meningkatkan tampak rupa, serta perlindungan korosi, juga dapat meningkatkan sifat – sifat benda yang dilapis menurut aspek – aspek teknologi yang diinginkan. Dalam dunia industri , pelapisan tembaga dimanfaatkan sebagai lapisan dasar (*strike*) pada proses pelapisan nikel – krom dekoratif , lapisan *finishing* pada produk komponen listrik , penghalang ( *stop off* ) pada proses penambahan nitrogen ( *nitriding* ) dan penambahan karbon ( *carbonizing* ) elektrolis serta pembentuk benda dengan endapan (*elektroforming*).



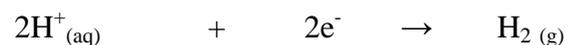
Gambar 2.2 Skema Proses *Elektroplating* Tembaga

( Sumber : <http://www.lifepatch.com> )

1. Pada katoda terjadi reaksi reduksi ( mengikat elektron ) sebagai berikut :



Pembentukan gas Hidrogen



Reduksi oksigen terlarut



2. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi ( melepaskan elektron ) sebagai berikut :

Pembentukan gas oksigen



Oksidasi gas Hidrogen



Pada proses elektroplating terhadap baja karbon rendah yang akan dilapisi tembaga, maka elektrolit yang digunakan adalah elektrolit tembaga ( $\text{CuSO}_4$ ) dengan anoda tembaga ( $\text{Cu}$ ). Saat proses elektroplating, pada anoda dan katoda terjadi perubahan potensial akibat adanya aliran arus listrik searah, sehingga anoda tembaga akan terurai ke dalam media larutan elektrolit yang mengandung ion-ion tembaga, yang akhirnya bergerak ke katoda dan menempel kuat.

Sebagai penjelasannya adalah reaksi pada katoda yaitu ion  $\text{Cu}^{2+}$  bergerak ke katoda menjadi  $\text{Cu}$ , logam ini menempel pada katoda. Sedangkan reaksi pada anoda yaitu ion  $\text{SO}_4^{2-}$  bergerak ke anoda menjadi  $\text{SO}_4$  dan melepaskan elektronnya. Karena  $\text{Cu}$  reaktif maka bereaksi dengan  $\text{SO}_4$  membentuk  $\text{CuSO}_4$  kembali. Jadi berat anoda berkurang dan pengurangan beratnya sama dengan berat  $\text{Cu}$  yang mengendap pada katoda. Dapat disimpulkan, konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  dalam larutan tetap selama masih ada anoda. Jadi seolah-olah  $\text{Cu}$  pada anoda pindah ke katoda.

Menurut Azhar A Saleh ( 2008 : 73 ) larutan elektrolit yang digunakan pada proses pelapisan tembaga menjadi dua yaitu jenis basa ( tembaga sianida dan tembaga *pyrophosphat* ) dan jenis asam ( tembaga sulfat dan tembaga *fluoborat* ).

a) Larutan Tembaga Sianida

Tembaga sianida sulit 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, efektivitas pelapisan makin meningkat, begitu pula rapat arusnya.

Pada umumnya pada larutan sianida sengaja ditambahkan bahan – bahan kimia dengan tujuan untuk meningkatkan sifat – sifat dari larutan tersebut. Sebagai contoh seperti:

- Sodium hidroksida berfungsi untuk memperbaiki pengikisan anoda, konduktivitas listrik, *throwing power* dan sebagai pengatur pH
- Sodium karbonat berfungsi untuk memudahkan pengontrolan pH larutan serta mengurangi polarisasi anoda.
- *Rochelle salt* berfungsi untuk mengurangi pengikisan anoda serta memperlambat terbentuknya karbonat.

b) Larutan Tembaga *Pyrophosphate*

Tembaga *pyrophosphate* sangat mudah terurai bila dilarutkan dalam larutan *pottasium pyrophosphate* dan mempunyai konduktivitas tinggi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi katoda mencapai seratus persen dengan *throwing power* tetap stabil pada konsentrasi larutan mendekati normal,

Larutan tembaga *pyrophosphate* digunakan sama halnya dengan larutan sianida efisiensi tinggi dan dapat dipakai untuk melapis bahan dasar dari *zinc die casting*, plastik, paduan tembaga, baja, paduan

aluminium dengan menghasilkan tampak rupa yang menarik serta digunakan sebagai *stop off material* dan *electroforming*.

c) Larutan Tembaga Sulfat

Larutan tembaga sulfat mengandung senyawa tembaga dan asam sulfat dan dilakukan dengan rapat arus tinggi, sehingga larutan tembaga sulfat ini sangat baik untuk menghasilkan lapisan yang tipis. Menurut *patent* dari Standar Inggris bahwa tembaga yang terkandung dalam larutan minimum 24,90% bebas dari krom, nitrat dan senyawa organik lainnya.

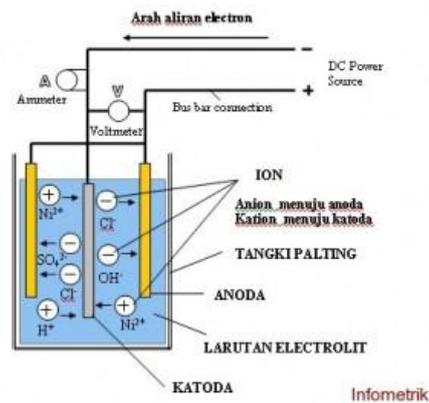
d) Larutan Tembaga Fluoborat

Unsur utama dalam larutan tembaga fluoborat adalah tembaga dan fluoborat. Kelarutan tembaga dalam larutan fluoborat mencapai dua kali. Jika dibandingkan dengan larutan asam sulfat dan proses operasinya dapat dilakukan pada rapat arus yang amat tinggi, proses pelapisan metode ini banyak digunakan untuk proses *electroforming*. Menurut Standar Inggris, logam tembaga yang terkandung dalam larutan tembaga fluoborat adalah 35,40% tembaga, maksimum 1%  $\text{SiO}_2$  (silika), 2,5%  $\text{SO}_4$  (Sulfat) dan 0,20% Fe (besi) dengan catatan jumlah logam bebas dalam larutan tidak lebih dari 0,75 – 3,75% berat.

## 2.4 Pelapisan Nikel

Pelapisan nikel digunakan untuk tujuan mencegah korosi ataupun menambah keindahan. Nikel tahan terhadap panas dan tahan korosi, tidak rusak oleh air kali atau air laut dan alkali. Nikel bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit terkorosi oleh asam klor dan asam sulfat. Nikel juga memiliki kekerasan dan

kekuatan yang sedang, keuletannya baik, daya hantar listrik dan termal juga baik. Senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis dalam elektroplating. Pada proses elektroplating, dengan pelapis nikel (anoda), perlu ditambahkan garam ke bak plating, misalnya nikel karbonat, nikel khlorida, nikel fluoborat, nikel sulfamat, dan nikel sulfat.



Gambar 2.3 Skema Proses *Elektroplating* Nikel

( Sumber : <http://www.infometrik.com> )

1. Pada katoda terjadi reaksi reduksi ( mengikat elektron ) sebagai berikut :



Pembentukan gas Hidrogen



Reduksi oksigen terlarut

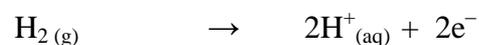


2. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi ( melepaskan elektron ) sebagai berikut :

Pembentukan gas oksigen



Oksidasi gas Hidrogen



Saat anoda dan katoda terjadi perubahan potensial akibat aliran arus listrik searah maka anoda nikel terurai ke dalam elektrolit. Reaksi pada katoda yaitu plat baja mengalami pelepasan oksigen ke elektrolit nikel ( $\text{NiSO}_4$ ) sehingga ion nikel ( $\text{Ni}$ ) akan menempel di permukaan plat baja. Sementara itu reaksi pada anoda nikel ( $\text{Ni}$ ), mengikat oksigen yang dilepaskan oleh plat baja dan terlarut pada elektrolit nikel ( $\text{NiSO}_4$ ) yang telah melapisi plat sehingga larutan elektrolit nikel tetap stabil.

Menurut Azhar A Saleh ( 2008 : 92 ) larutan elektrolit dalam pelapisan nikel terbagi menjadi 6 yaitu :

1. Larutan Watt's

Larutan watt's merupakan larutan standar untuk pelapisan nikel. Nikel sulfat dijadikan sebagai sumber utama ion nikel untuk diendapkan, karena garam nikel mudah larut dalam air, murah mudah didapat dan tidak menghasilkan ion kompleks. Larutan watt's digunakan juga untuk memperoleh kekerasan lapisan yang dibutuhkan untuk keperluan industri tertentu.

2. Larutan Nikel Sulfat

Pada industri pelapisan , larutan nikel sulfat jarang digunakan karena tampak rupa lapisan kurang baik , meskipun demikian larutan nikel sulfat dapat menghasilkan lapisan yang halus dengan efisiensi yang cukup baik , bila ditambahkan asam borik sebagai *buffer*.

3. Larutan Nikel Klorida Tinggi

Larutan nikel klorida tinggi mengandung ion klorida dan sulfat dengan perbandingan bervariasi dan berbanding terbalik dengan larutan

watt's. Penambahan asam klorida bertujuan untuk keperluan tertentu misalnya pelapisan nikel kilap secara cepat atau untuk pelapisan dengan sistem barrel yang memerlukan konduktivitas tinggi dengan *throwing power* dapat digunakan dengan rapat arus yang rendah.

#### 4. Larutan Nikel Sulfamat

Larutan nikel sulfamat memiliki keuntungan dibandingkan dengan larutan nikel jenis lainnya. Diantaranya terjadi pengendapan nikel dengan kecepatan yang tinggi dan stress lapisan rendah , tetapi larutan nikel sulfamat lebih mahal. Oleh karena itu hanya digunakan pada keperluan tertentu seperti membuat cetakan piringan hitam yang dihendaki tegangan dalam rendah agar tidak terjadi distorsi, juga banyak digunakan untuk proses *electroforming*.

#### 5. Larutan Nikel Fluoborat

Larutan nikel fluoborat mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian. Keuntungan menggunakan larutan nikel fluoborat adalah lapisan nikel yang terjadi ulet dan tegangan tarik rendah, oleh karena itu dipakai untuk proses *electroforming*. Selain itu mempunyai konduktivitas tinggi , pengikisan anoda baik dan toleransi terhadap pengotor juga cukup baik, tetapi larutan nikel fluoborat ini mempunyai biaya yang cukup tinggi dan sangat korosif sehingga memerlukan pengamanan ekstra hati – hati pada saat operasi.

#### 6. Larutan Nikel Hitam ( *Black Nickel* )

Pelapisan nikel hitam bersifat dekoratif, tetapi dapat juga digunakan untuk keperluan teknis seperti fotografi dan ilmiah, hanya bedanya lapisan nikel hitam kurang tahan abrasi dan daya tahan korosi rendah. Umumnya, pelapisan nikel hitam harus didahului dengan lapisan dasar nikel biasa, seng atau kadmium.

## **2.5 Baja Karbon**

Baja merupakan salah satu bahan yang mudah disesuaikan bentuknya oleh karena itu baja banyak digunakan. Baja diproduksi dengan mutu yang terjamin sehingga untuk tuntutan dan maksud penggunaannya senantiasa tersedia jenis baja yang sesuai. Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon dimana unsur karbonnya menentukan sifat mekanik dan fisik, unsur paduan lainnya sebagai pendukung. Karbon sebagai unsur penguat besi yang efektif dan murah, maka sebagian besar baja komersial hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lain.

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (2006 : 33) baja karbon dapat diklasifikasikan sesuai dengan jumlah kandungan karbonnya, yaitu :

### **1. Baja Karbon Tinggi**

Baja karbon tinggi mengandung karbon berkisar antara 0,6% - 1,5%. Baja karbon tinggi ini dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk

peralatan mesin – mesin berat , batang pengontrol , alat – alat tangan seperti palu , obeng dan tang.

## 2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon berkisar antara 0,3% - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagiandengan pengerjaan panas yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja karbon sedang umumnya digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti :roda gigi, poros penghubung, poros engkol dan alat angkat presisi.

## 3. Baja Karbon Rendah

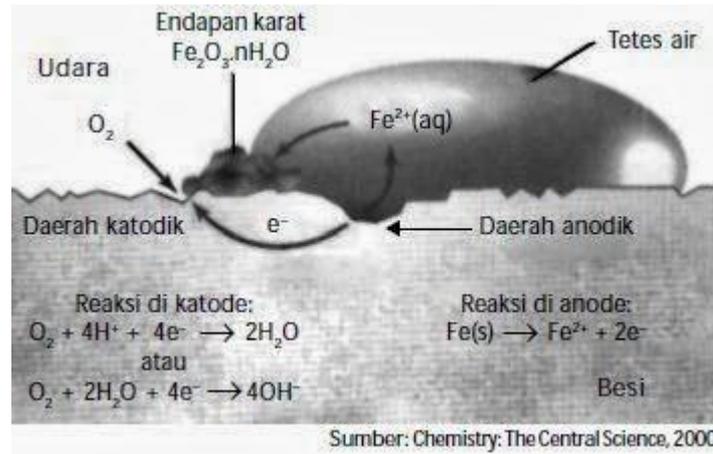
Baja karbon rendah disebut juga baja ringan atau baja perkakas. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3 % . Baja karbon rendah ini sering digunakan sebagai mur , baut , ulir sekrup , peralatan senjata dan batang tarik . baja karbon rendah ini memiliki sifat tidak tahan korosi dibandingkan dengan jenis baja karbon lainnya namun memiliki keunggulan kekuatan sedang dengan keuletan yang baik.

<i>AISI/SAE or ASTM Number</i>	<i>Tensile Strength [MPa (ksf)]</i>	<i>Yield Strength [MPa (ksf)]</i>	<i>Ductility [%EL in 50 mm (2 in.)]</i>	<i>Typical Applications</i>
<i>Plain Low-Carbon Steels</i>				
1010	325 (47)	180 (26)	28	Automobile panels, nails, and wire
1020	380 (55)	205 (30)	25	Pipe; structural and sheet steel
A36	400 (58)	220 (32)	23	Structural (bridges and buildings)
A516 Grade 70	485 (70)	260 (38)	21	Low-temperature pres- sure vessels

Gambar 2.4 Karakteristik mekanis dan aplikasi pemakaian dari beberapa jenis baja

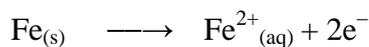
## 2.6 Korosi

Korosi adalah kerusakan pada material yang disebabkan oleh reaksi kimia atau elektro kimia dengan lingkungannya. Kerusakan material karena sebab fisik tidak disebut korosi, tetapi disebut dengan erosi atau aus ( Theretwey dan Kenneth R : 1988 ).

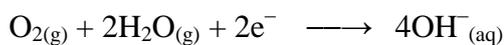


Gambar 2.5 Proses Korosi Pada Besi

Besi memiliki permukaan tidak halus akibat komposisi yang tidak sempurna, juga akibat perbedaan tegangan permukaan yang menimbulkan potensial pada daerah tertentu lebih tinggi dari daerah lainnya. Pada daerah anodik (daerah permukaan yang bersentuhan dengan air) terjadi pelarutan atom-atom besi disertai pelepasan elektron membentuk ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang larut dalam air.

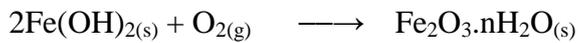


Elektron yang dilepaskan mengalir melalui besi, sebagaimana elektron mengalir melalui rangkaian luar pada sel volta menuju daerah katodik hingga terjadi reduksi gas oksigen dari udara:



Ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang larut dalam tetesan air bergerak menuju daerah katodik, sebagaimana ion-ion melewati jembatan garam dalam sel volta dan bereaksi

dengan ion-ion  $\text{OH}^-$  membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  yang terbentuk dioksidasi oleh oksigen membentuk karat.



Beberapa bentuk korosi yang dikelompokkan berdasarkan mekanismenya sebagai berikut :

1. Korosi sumuran (*pitting corrosion*), yaitu korosi berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam karena hancurnya lapisan proteksi dari logam yang disebabkan oleh laju korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain.
2. Korosi Celah (*crevice corrosion*), yaitu korosi yang terjadi pada sambungan atau celah tertentu yang dapat menahan air atau elektrolit yang dapat menyebabkan korosi. Hal ini menyebabkan konsentrasi  $\text{O}_2$  pada celah lebih besar dibandingkan pada bagian dalam logam, sehingga akan terjadi transfer muatan.
3. Korosi Galvanik (*galvanic corrosion*), yaitu korosi yang terjadi apabila dua logam yang memiliki beda potensial saling dihubungkan sehingga akan terjadi tegangan listrik di antara keduanya.
4. Korosi antar butir (*intergranular corrosion*), yaitu serangan korosi yang terjadi pada batas butir dari suatu logam atau paduan logam yang kurang sempurna (ada kotoran yang masuk ke paduan tersebut) atau adanya gas hidrogen atau oksigen yang masuk pada batas kristal atau butir,

5. Korosi selektif (*selective corrosion*), yaitu korosi yang terjadi akibat terlarutnya suatu unsure yang bersifat lebih anodic dari suatu paduan,.
6. Korosi merata (*uniform corrosion*), yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai akibat permukaan terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan terbuka, misalnya permukaan luar pipa.
7. Korosi Erosi (*erosion corrosion*), yaitu korosi yang terjadi adanya aliran fluida yang cepat dan bersifat korosif pada permukaan logam.
8. Korosi Atmosferik, yaitu korosi yang terjadi melalui proses elektrokimia, dimana sebagai hasil interaksi logam dengan atmosfer ambient di sekitarnya, yang terjadi akibat kelembaban dan oksigen di udara, serta diperparah adanya gas polutan seperti gas atau garam yang terkandung di udara.

## 2.7 Laju Korosi

Menurut M.G Fontana ( 1987 ) Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu.

Dalam pengukuran laju korosi ( *corrosion rate* ) secara eksperimen dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

- Metode kehilangan berat ( *Weight Loss* )

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang

terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana :

- CR = Laju Korosi ( mm/year )
- W = Kehilangan Massa ( gram )
- K = Konstanta Faktor ( mm/year = 87,6 )
- D = Densitas ( gram/cm<sup>3</sup> )
- A = Luas Permukaan ( cm<sup>2</sup> )
- T = Waktu ( jam )

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya.

Metode ini bila dijalankan dengan waktu yang lama dan suistainable dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut) juga dapat dijadikan referensi untuk treatment yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

- Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju

tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu lainnya berbeda). Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk dapat ditreatment tidak dapat diketahui. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Metode elektrokimia ini menggunakan rumus yang didasarkan pada Hukum Faraday yaitu menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CR = \frac{BA \cdot i \cdot t}{n \cdot F}$$

Dimana :

- CR = Laju Korosi ( gram )
- BA = Berat Atom
- i = Besar arus yang mengalir ( Coulomb / detik )
- t = Lama reaksi ( detik )
- n = Banyaknya elektron
- F = Bilangan Faraday ( 96500 Coulomb / detik )

Metode ini menggunakan pembanding dengan meletakkan salah satu material dengan sifat korosif yang sangat baik dengan bahan yang akan diuji hingga beda potensial yang terjadi dapat diperhatikan dengan adanya pembanding tersebut.

## 2.8 Penelitian Relevan

Pada penelitian Viktor Malau pada tahun 2011 yang membahas tentang pengaruh variasi waktu dan konsentrasi NaCl terhadap kekerasan dan laju korosi dari lapisan nikel *elektroplating* pada permukaan baja karbon sedang menyatakan bahwa lapisan nikel meningkatkan kekerasan dan menurunkan laju korosi secara signifikan. Kekerasan meningkat, tetapi laju korosi menurun seiring dengan naiknya lama elektroplating.

Pada penelitian lainnya, penelitian Basmal dkk pada tahun 2012 yang membahas tentang pengaruh variasi suhu dan waktu pelapisan tembaga – nikel pada baja karbon rendah secara *elektroplating* terhadap nilai ketebalan dan nilai kekasaran menyatakan bahwa suhu dan waktu pelapisan berpengaruh signifikan terhadap nilai ketebalan dan kekasaran permukaan.

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Operasional Penelitian**

Berdasarkan pada masalah – masalah yang telah dirumuskan sebelumnya , maka penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi dan data untuk mengetahui pengaruh variasi waktu elektroplating tembaga , nikel dan tembaga – nikel – ferro terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dimulai pada bulan Agustus 2017 . Tempat yang digunakan sebagai berikut :

1. Proses pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Produksi , Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik – Universitas Negeri Jakarta
2. Proses *elektroplating* dilakukan di Laboratorium Otomotif , Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik – Universitas Negeri Jakarta
3. Pengujian laju korosi dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik – Universitas Negeri Jakarta

#### **3.3 Alat dan Bahan**

Ada beberapa alat yang dibutuhkan agar terlaksananya penelitian ini, yaitu:

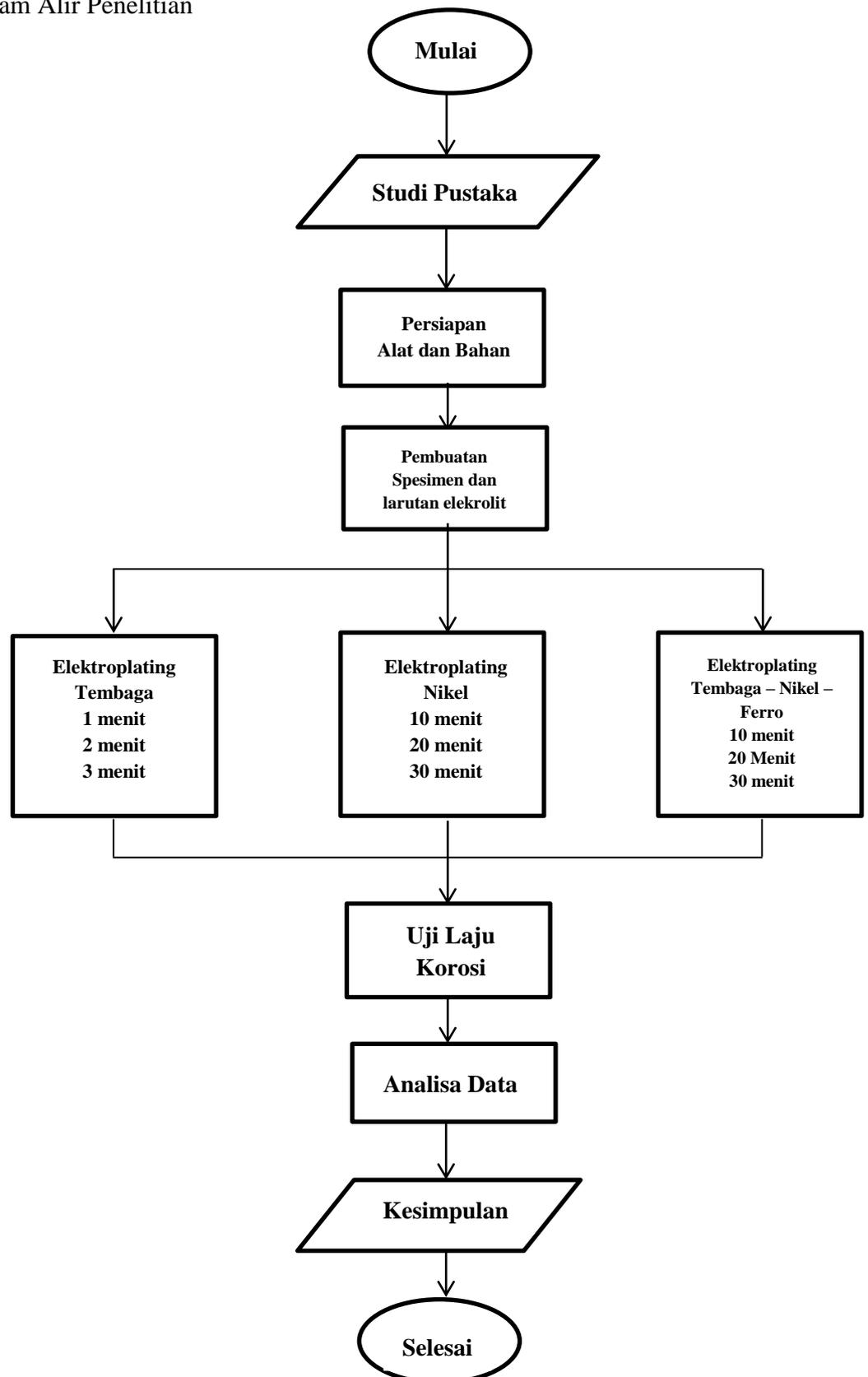
1. Mesin potong beserta perlengkapannya
2. *Power supply* beserta perlengkapannya

3. Jangka sorong dengan toleransi 0,02 mm
4. Gelas ukur 1000 ml
5. Timbangan digital dengan toleransi 0,0001 gram

Ada beberapa bahan yang digunakan agar terlaksananya penelitian ini, yaitu :

1. 2 plat baja karbon rendah dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 10 mm
2. 1 liter  $\text{H}_2\text{SO}_4$
3. 1 kg  $\text{CuSO}_4$
4. 1 kg  $\text{NiSO}_4$
5. 1 kg Asam Borat
6. 1 kg  $\text{NiCl}$
7. 20 gram  $\text{Fe}_3\text{O}_2$
8. 1 liter  $\text{HCl}$
9. Tembaga
10. Nikel
11. 5 liter Aquades
12. Autosol
13. Ampelas dengan tingkat kehalusan 120 s/d 1000

## 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 1. Studi Pustaka

Pada penelitian ini diperlukan teori – teori yang berhubungan dengan pembahasan dalam penelitian ini , sehingga nanti didalam pelaksanaan penelitian ini dapat di permudah apabila terjadi kendala dan teori – teori tersebut dapat menguatkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini.

### 2. Persiapan alat dan bahan

Sebelum melakukan penelitian ini , diperlukan melakukan persiapan alat – alat yang digunakan pada penelitian ini , serta bahan – bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini agar apabila alat yang digunakan pada penelitian ini dalam kondisi baik saat beroperasi dan bahan yang dibutuhkan sudah tersedia sehingga tidak memperlambat dilakukannya penelitian ini.

### 3. Pembuatan spesimen dan larutan elektrolit

Sebelum melakukan pelapisan dengan *elektroplating*, dibutuhkan spesimen sebagai objek pelapisan. Spesimen yang digunakan ialah baja karbon rendah dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Untuk proses pembentukan spesimen digunakan mesin potong dan jangka sorong. Setelah spesimen sudah terbentuk sesuai ukuran, spesimen dipasang kawat besi yang berguna untuk mengaliri arus listrik ke ke spesimen.

Selanjutnya pembuatan larutan elektrolit, larutan elektrolit ini yang berfungsi sebagai penghantar antara katoda dan anoda. Pembuatan larutan elektrolit ini memiliki komposisi yang berbeda beda sesuai dengan anoda pelapis. Komposisi larutan elektrolisis ini sesuai dengan referensi jurnal dan buku.

4. Pelapisan *elektroplating* baja karbon rendah dengan tembaga , nikel dan paduan tembaga – nikel – ferro

Setelah dilakukan pembuatan spesimen , maka dilakukan proses pelapisan dengan metode *elektroplating* pada baja karbon rendah dengan 3 unsur pelapis yaitu tembaga , nikel dan paduan tembaga – nikel – ferro. Setiap unsur pelapis menggunakan 3 variasi waktu yaitu 1 menit , 2 menit dan 3 menit untuk tembaga. 10 menit , 20 menit dan 30 menit untuk nikel dan paduan tembaga – nikel – ferro. Setiap variasi waktu menggunakan 2 spesimen. Sehingga, pada penelitian ini membutuhkan spesimen sebanyak 27 buah.

5. Pengujian laju korosi dengan metode *weight loss*

Setelah dilakukan pelapisan dengan metode elektroplating , spesimen tersebut di uji laju korosi dengan metode *weight loss*. Spesimen awalnya di timbang untuk mengetahui massa dari spesimen sebelum dimasukkan kedalam larutan korosif dengan durasi waktu 15 menit , 30 menit , 45 menit dan 60 menit. Setiap 15 menit spesimen dibersihkan dengan air dan dikeringkan. Lalu , spesimen tersebut di timbang untuk mengetahui berkurangnya massa setelah dimasukkan kedalam larutan korosif.

6. Analisa hasil data

Dari data yang didapatkan pada pengujian kekerasan dan pengujian laju korosi dengan metode *weight loss* , maka dapat dianalisa nilai kekerasan dan laju korosi yang baik pada baja karbon rendah yang dilakukan pelapisan *elektroplating* tembaga – nikel – ferro.

### 3.5 Teknik dan Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi waktu *elektroplating* tembaga – nikel – ferro pada baja karbon rendah adalah sebagai berikut :

#### 1. Membuat Spesimen

Langkah pertama yang dilakukan sebelum proses pelapisan *elektroplating* adalah pembuatan spesimen dan larutan elektrolisis. Spesimen yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Lalu , Spesimen tersebut diberi kawat besi untuk mengaliri arus listrik pada saat *elektroplating*.. Spesimen tersebut lalu diampas agar permukaan spesimen rata dan halus menggunakan amplas ukuran 1000 dan diberi autosol agar spesimen tidak mengalami korosi saat penyimpanan.



Gambar 3.2 Spesimen *Elektroplating*

#### 2. Membuat larutan elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan berbeda beda sesuai dengan anoda pelapisnya. Pada penelitian ini memiliki 3 larutan elektrolit yaitu :

- Pelapisan Tembaga

Tabel 3.1 Komposisi Larutan Elektrolit Tembaga

Bahan Kimia	Konsentrasi (gr/l)
CuSO <sub>4</sub> ( Tembaga Sulfat )	220
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ( Asam Sulfat )	50

(Sumber : Ir. Azhar A. Saleh : Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik : 84)

- Pelapisan Nikel

Tabel 3.2 Komposisi Larutan Elektrolit Nikel

Bahan Kimia	Konsentrasi (gr/l)
NiSO <sub>4</sub> ( Nikel Sulfat )	250
NiCl ( Nikel Chlorid )	40
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ( Asam Borat )	30

(Sumber : Ir. Azhar A. Saleh : Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik : 96)

- Pelapisan Tembaga – Nikel – Ferro

Tabel 3.3 Komposisi Larutan Elektrolit Tembaga – Nikel - Ferro

Bahan Kimia	Konsentrasi (gr/l)
CuSO <sub>4</sub> ( Tembaga Sulfat )	220
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ( Asam Sulfat )	50
NiSO <sub>4</sub> ( Nikel Sulfat )	250
NiCl ( Nikel Chlorid )	40
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ( Asam Borat )	30
Fe <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	10

### 3. Proses *Elektroplating*

Proses *Elektroplating* terbagi menjadi 3 bagian yaitu :

- *Elektroplating* Tembaga

Pada *elektroplating* tembaga menggunakan 9 spesimen dan 3 variasi waktu yaitu 1 menit , 2 menit dan 3 menit. Jadi , setiap variasi waktu menggunakan 2 spesimen.

- *Elektroplating* Nikel

Pada *elektroplating* nikel menggunakan 9 spesimen dan 3 variasi waktu yaitu 10 menit , 20 menit dan 30 menit. Jadi , setiap variasi waktu menggunakan 2 spesimen.

- *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro

Pada *elektroplating* tembaga – nikel - ferro menggunakan 9 spesimen dan 3 variasi waktu yaitu 10 menit , 20 menit dan 30 menit. Jadi , setiap variasi waktu menggunakan 2 spesimen.

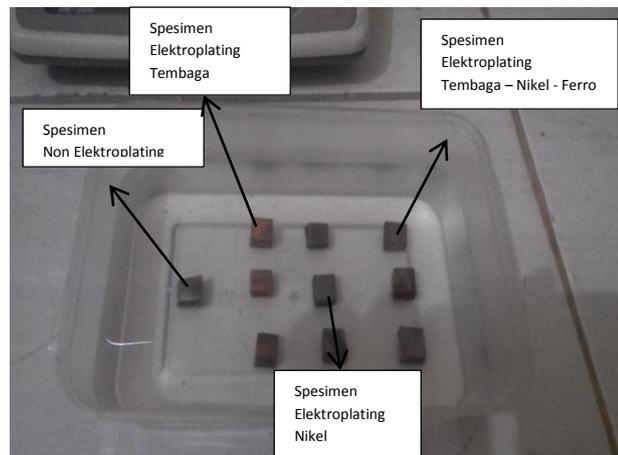
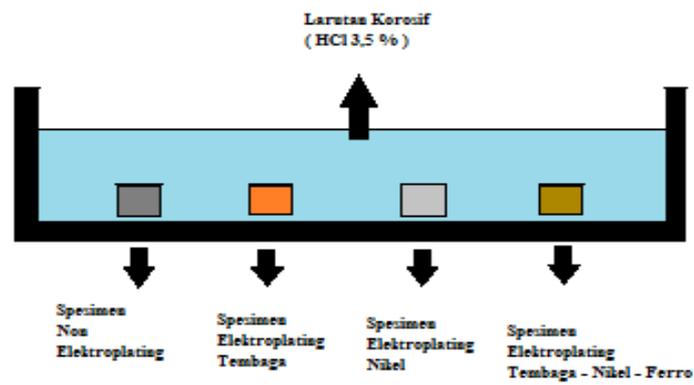


Gambar 3.3 Proses *Elektroplating*

#### 4. Pengujian Laju Korosi

Tahapan selanjutnya pada penelitian ini adalah pengujian laju korosi. Pada penelitian ini pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss*. Metode *weight loss* adalah pengujian laju korosi dengan menghitung massa dari benda yang diuji setelah dimasukkan kedalam larutan korosif dengan ketentuan waktu tertentu.

Larutan korosif yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan HCl 3,5% dan waktu perendaman yang digunakan selama 1 jam. Namun setiap 15 menit spesimen dihitung kehilangan massanya.



Gambar 3.4 Proses Pengujian Laju Korosi

Setelah proses perendaman di larutan korosif HCl 3,5% , spesimen kembali ditimbang pada timbangan digital.



Gambar 3.5 Proses Penimbangan Spesimen

### 3.6 Teknik Analisa Data

Pada Tabel 3.4 Data Uji Laju Korosi dengan metode *Weight Loss* memiliki data massa awal spesimen tersebut dengan satuan gram. Uji Korosi memiliki 4 durasi waktu yaitu 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Setiap durasi waktu dilakukan penimbangan spesimen untuk mengetahui kehilangan massa spesimen tersebut setiap perendaman larutan korosif.

Tabel 3.4 Data Uji Laju Korosi

No	Spesimen	Massa Awal ( gram )	Waktu	Massa ( gram )	$\Delta$ Massa ( gram )	$\Sigma \Delta$ Massa ( gram )	Laju Korosi ( mm / year)
1.	A		15 menit				
			30 menit				
			45 menit				
			60 menit				
2.	B		15 menit				
			30 menit				
			45 menit				
			60 menit				
3.	C		15 menit				
			30 menit				
			45 menit				
			60 menit				

Tabel 3.5 Keterangan spesimen

No.	Jenis Spesimen	Keterangan
1.	A	<i>Non electroplating</i>
2.	B	<i>Elektroplating Tembaga 1 menit</i>
3.	C	<i>Elektroplating Tembaga 2 menit</i>
4.	D	<i>Elektroplating Tembaga 3 menit</i>
5.	E	<i>Elektroplating Nikel 10 menit</i>
6.	F	<i>Elektroplating Nikel 20 menit</i>
7.	G	<i>Elektroplating Nikel 30 menit</i>

8.	H	<i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel – Ferro 10 menit
9.	I	<i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel - Ferro 20 menit
10.	J	<i>Elektroplating</i> Tembaga – Nikel - Ferro 30 menit

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Laju Korosi

Pengujian dilakukan dengan metode *weight loss* atau pencelupan kedalam larutan korosif dan menghitung kehilangan massa antara sebelum dan sesudah dicelupkan kedalam larutan korosif dengan waktu tertentu. Larutan korosif yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan HCl 3,5 % . Waktu pencelupan yang digunakan pada penelitian ini adalah 60 menit. Namun setiap 15 menit dilakukan penimbangan spesimen untuk menghitung kehilangan massa akibat terjadinya korosi.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Laju Korosi *Elektroplating* Tembaga



Gambar 4.2 Spesimen Uji Laju Korosi *Elektroplating* Nikel



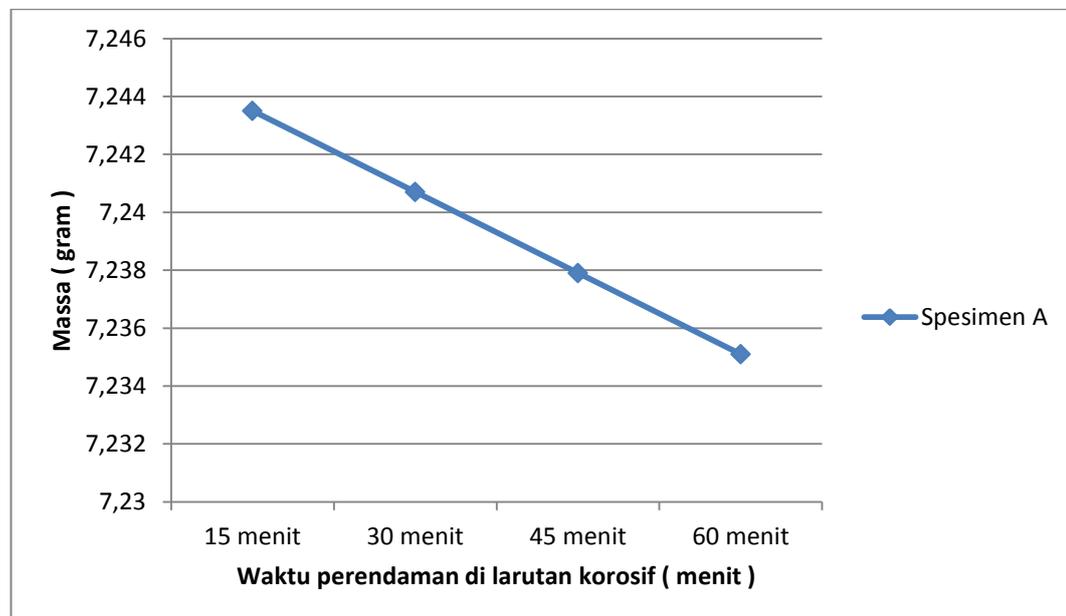
Gambar 4.3 Spesimen Uji Laju Korosi *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro

#### 4.1.1 Non Elektroplating

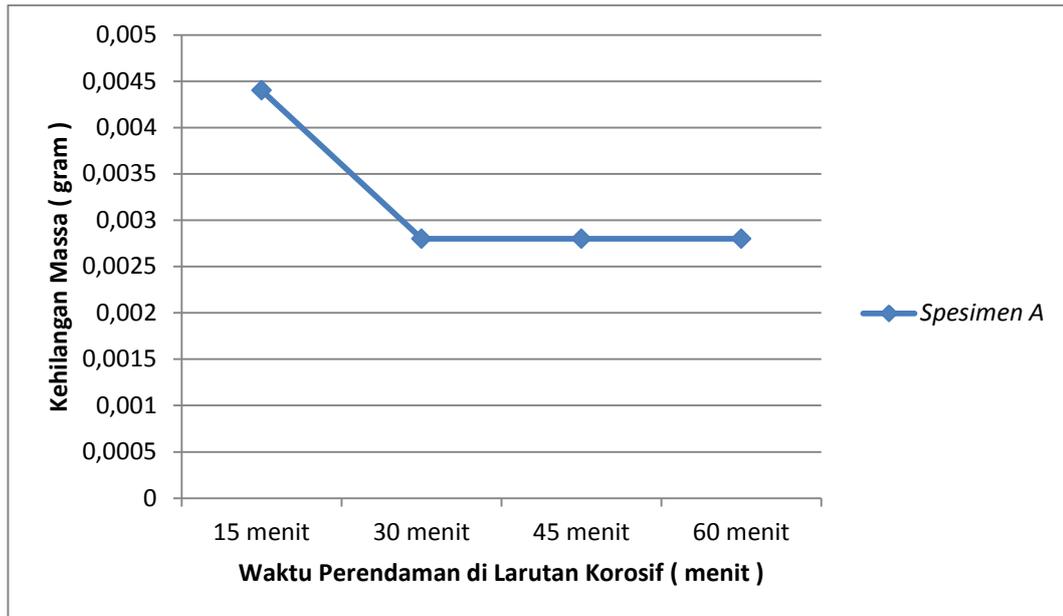
Adapun hasil pengujian laju korosi spesimen uji laju korosi yang tidak melakukan proses *elektroplating* dengan hasil seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data Uji Laju Korosi *Non Elektroplating*

No	Spesimen	Massa Awal ( gram )	Waktu	Massa ( gram )	$\Delta$ Massa ( gram )	$\Sigma \Delta$ Massa ( gram )	Laju Korosi ( mm / year )
1.	A	7,2479	15 menit	7,2435	0,0044	0,0128	0,14302
			30 menit	7,2407	0,0028		
			45 menit	7,2379	0,0028		
			60 menit	7,2351	0,0028		



Gambar 4.4 Grafik Pernurunan Massa *Non Elektroplating*



Gambar 4.5 Grafik Kehilangan Massa *Non Elektroplating*

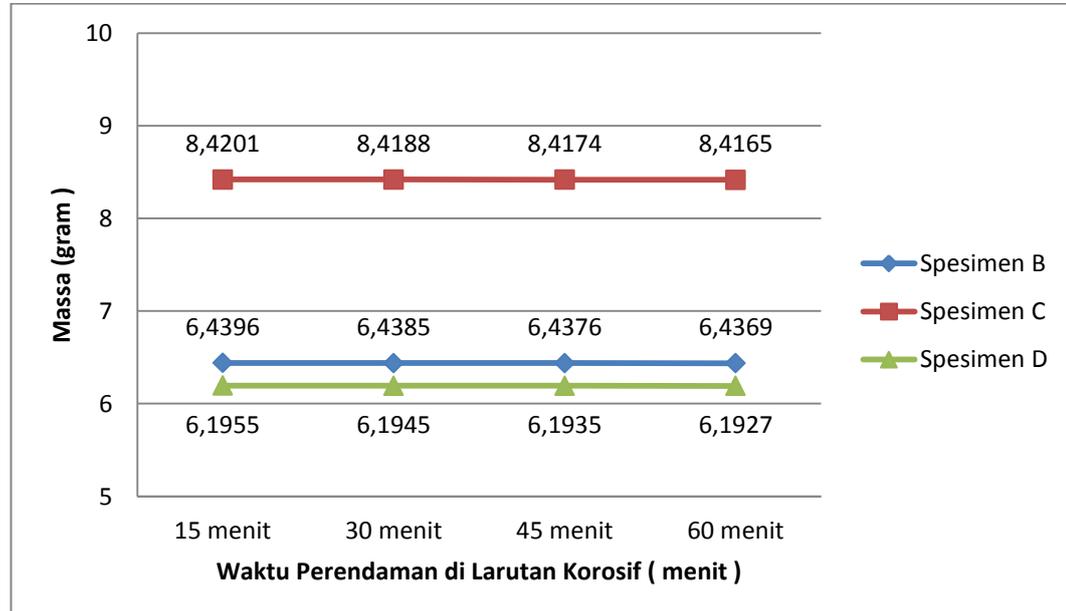
Berdasarkan gambar 4.4 dan gambar 4.5 dapat diketahui bahwa spesimen A memiliki massa awal sebesar 7,2479 gram. Spesimen A pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0044 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2435 gram. Lalu, pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0028 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2407 gram. Setelah itu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0028 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2479 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa pada sebesar 0,0028 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2351 gram.

#### 4.1.2 Elektroplating Tembaga

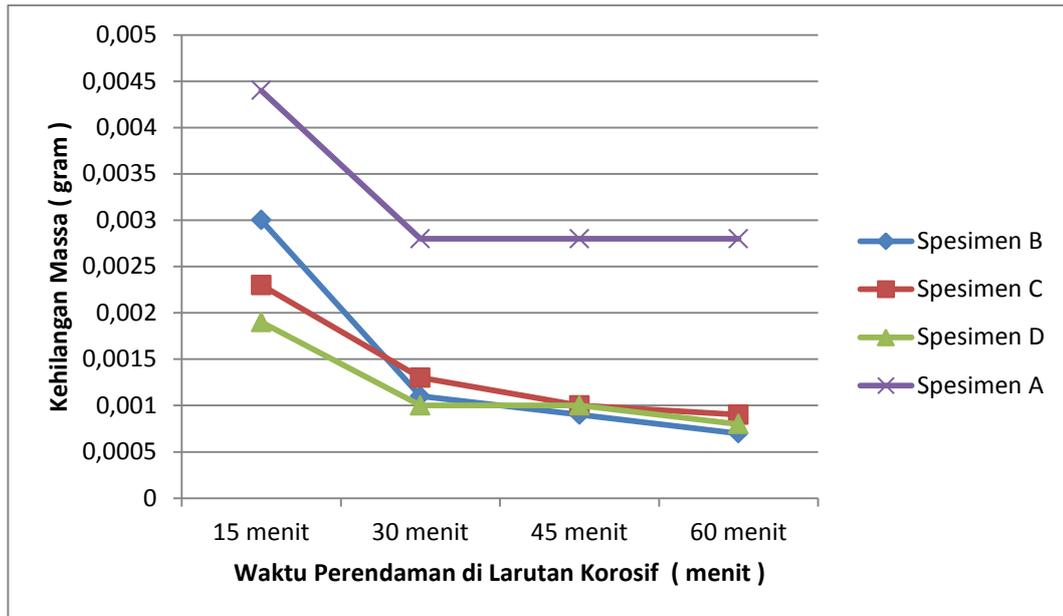
Adapun hasil pengujian laju korosi spesimen uji laju korosi yang sudah di lapisi tembaga (Cu) dengan hasil seperti pada Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Data Uji Laju Korosi *Elektroplating* Tembaga

No	Spesimen	Massa Awal ( gram )	Waktu	Massa ( gram )	$\Delta$ Massa ( gram )	$\Sigma \Delta$ Massa ( gram )	Laju Korosi ( mm / year)
1.	B	6,4426	15 menit	6,4396	0,0030	0,0057	0,05597
			30 menit	6,4385	0,0011		
			45 menit	6,4376	0,0009		
			60 menit	6,4369	0,0007		
2.	C	8,4224	15 menit	8,4201	0,0023	0,0055	0,05401
			30 menit	8,4188	0,0013		
			45 menit	8,4174	0,0010		
			60 menit	8,4165	0,0009		
3.	D	6,1974	15 menit	6,1955	0,0019	0,0047	0,04615
			30 menit	6,1945	0,0010		
			45 menit	6,1935	0,0010		
			60 menit	6,1927	0,0008		



Gambar 4.6 Grafik Pernurunan Massa *Elektroplating* Tembaga



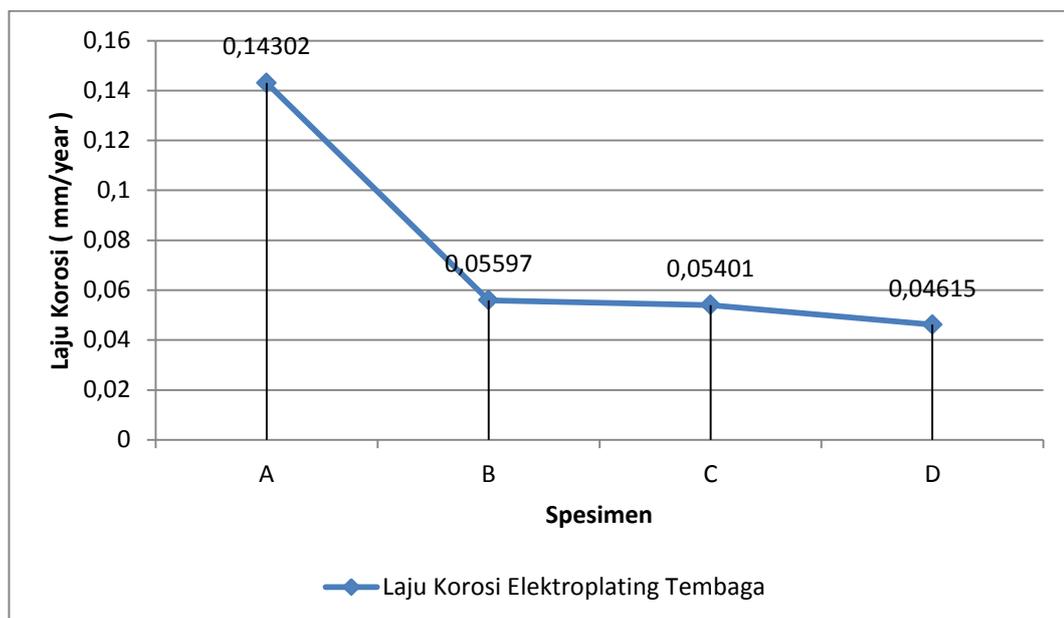
Gambar 4.7 Grafik Kehilangan Massa Elektroplating Tembaga

Berdasarkan gambar 4.6 dan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa spesimen B memiliki massa awal 6,4426 gram. Spesimen B pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0030 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,4396 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0011 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,4385 gram. Lalu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0009 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,4376 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0007 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,4369 gram.

Berdasarkan gambar 4.6 dan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa spesimen B memiliki massa awal sebesar 8,4224 gram. Spesimen B pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0023 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,4201 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0013 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,4188 gram. Lalu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0012 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,4176 gram. Pada menit ke 60

mengalami kehilangan massa sebesar 0,0009 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,4167 gram

Berdasarkan gambar 4.6 dan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa spesimen C memiliki massa awal sebesar 6,1974 gram. Spesimen C pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0019 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,1955 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,1945 gram. Lalu pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,1935 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0008 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 6,1927 gram.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Laju Korosi antara Non *Elektroplating* dan *Elektroplating* Tembaga

Pada gambar 4.8 dapat diketahui perbandingan laju korosi antara *non elektroplating* dan *elektroplating* tembaga. Pada gambar 4.8 diketahui laju korosi dari Spesimen A sebesar 0,14302 mm/year. Berdasarkan gambar 4.8 pada Spesimen B

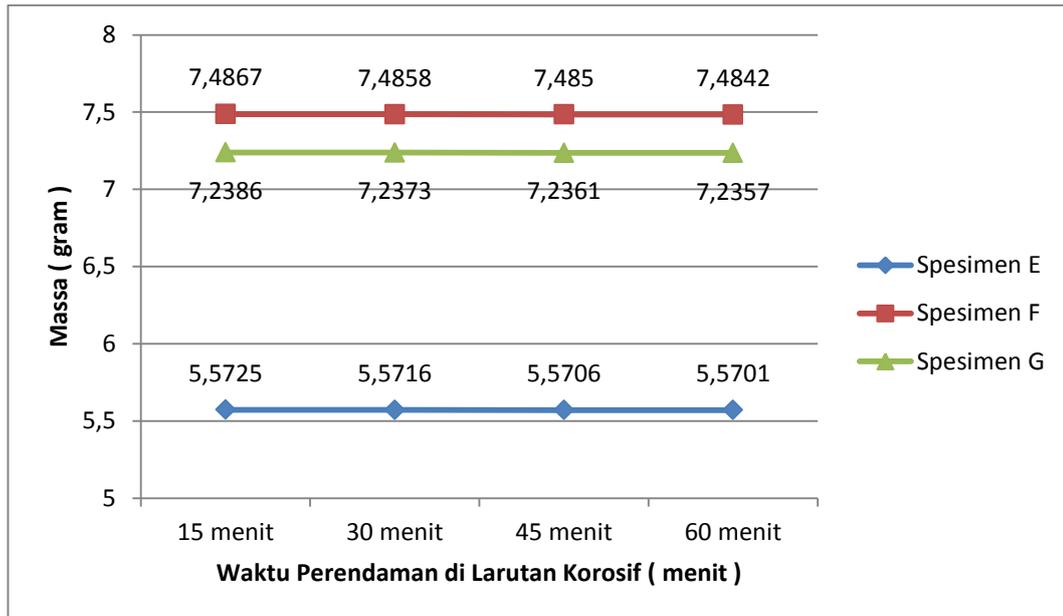
memiliki laju korosi sebesar 0,05597 mm/year lebih besar dibandingkan laju korosi Spesimen C sebesar 0,05401 mm/year. Namun jika dibandingkan dengan laju korosi variasi waktu *elektroplating* tembaga lainnya, laju korosi Spesimen D memiliki laju korosi terendah yaitu 0,04615mm/year.

#### 4.1.3 Elektroplating Nikel

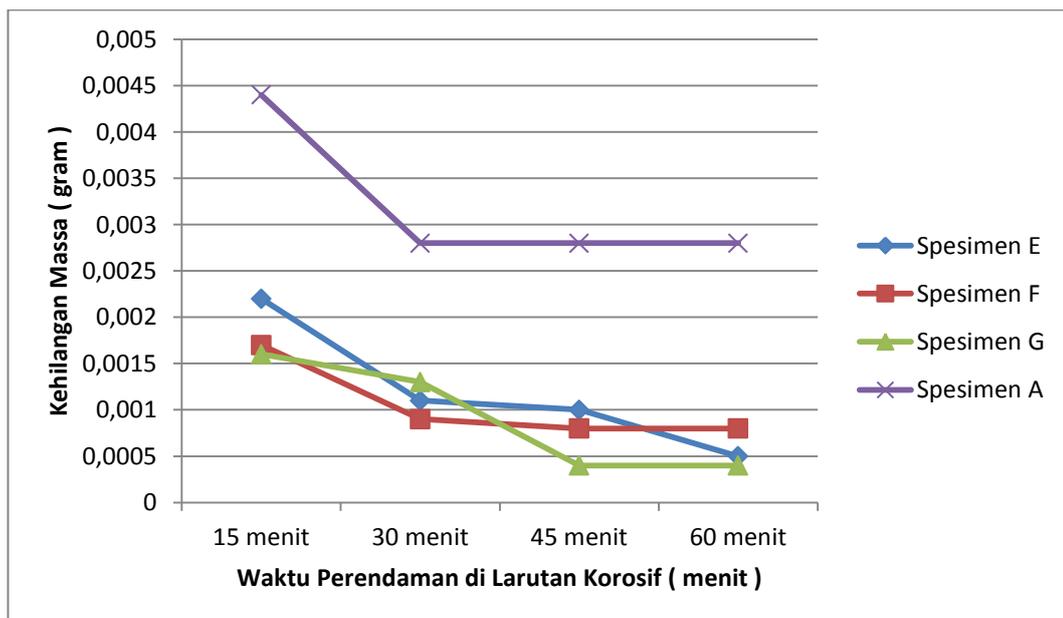
Adapun hasil pengujian laju korosi spesimen uji laju korosi yang sudah di lapiasi Nikel (Ni) dengan hasil seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 Data Uji Laju Korosi *Elektroplating* Nikel

No	Spesimen	Massa Awal ( gram )	Waktu	Massa ( gram )	$\Delta$ Massa ( gram )	$\Sigma \Delta$ Massa ( gram )	Laju Korosi ( mm / year)
1.	E	5,5747	15 menit	5,5725	0,0022	0,0048	0,04720
			30 menit	5,5716	0,0011		
			45 menit	5,5706	0,0010		
			60 menit	5,5701	0,0005		
2.	F	7,4883	15 menit	7,4867	0,0017	0,0042	0,04130
			30 menit	7,4858	0,0009		
			45 menit	7,4850	0,0008		
			60 menit	7,4842	0,0008		
3.	G	7,2402	15 menit	7,2386	0,0016	0,0037	0,03638
			30 menit	7,2373	0,0013		
			45 menit	7,2361	0,0004		
			60 menit	7,2357	0,0004		



Gambar 4.9 Grafik Penurunan Massa Elektroplating Nikel



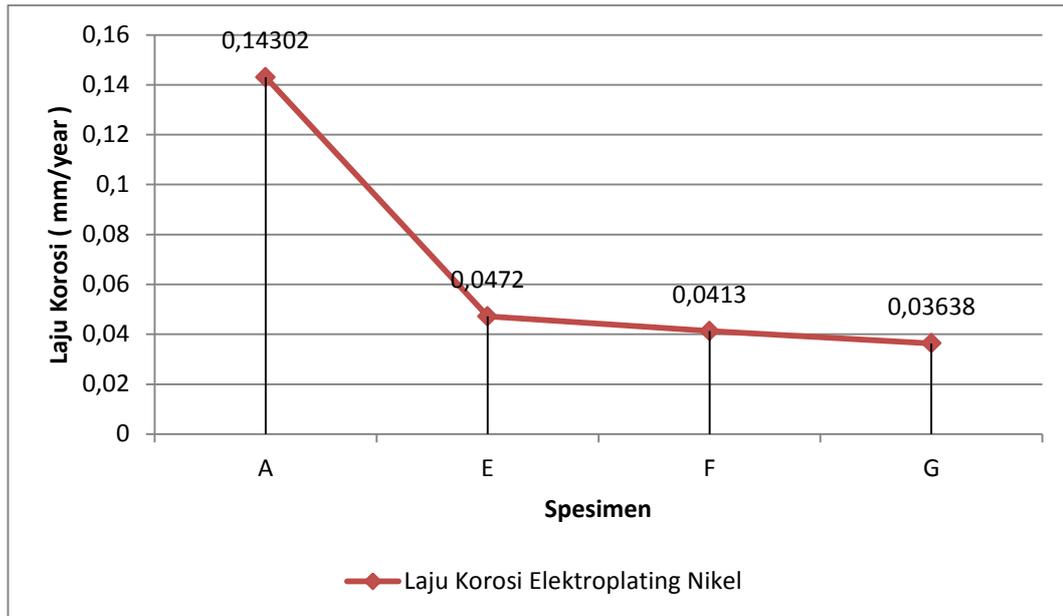
Gambar 4.10 Grafik Kehilangan Massa Elektroplating Nikel

Berdasarkan gambar 4.8 dan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa spesimen E memiliki massa awal sebesar 5,5747 gram. Spesimen E pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0022 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 5,5725 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0011 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 5,5716 gram

.Lalu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 5,5706 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0005 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 5,5701 gram.

Berdasarkan gambar 4.8 dan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa spesimen F memiliki massa awal sebesar 7,4883 gram. Spesimen F pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0017 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,4867 gram . Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0009 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,4858 gram .Lalu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0008 dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,4850 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0008 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,4842 gram.

Berdasarkan gambar 4.8 dan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa spesimen G memiliki massa awal sebesar 7,2402 gram. Spesimen G pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0016 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2386 gram. Pada menit ke 30 mengalami penurunan kehilangan massa sebesar 0,0013 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2373 gram .Lalu, pada menit ke 45 kehilangan massa sebesar 0,0004 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2361 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0004 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,2357 gram.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Laju Korosi antara Non *Elektroplating* dan *Elektroplating* Nikel

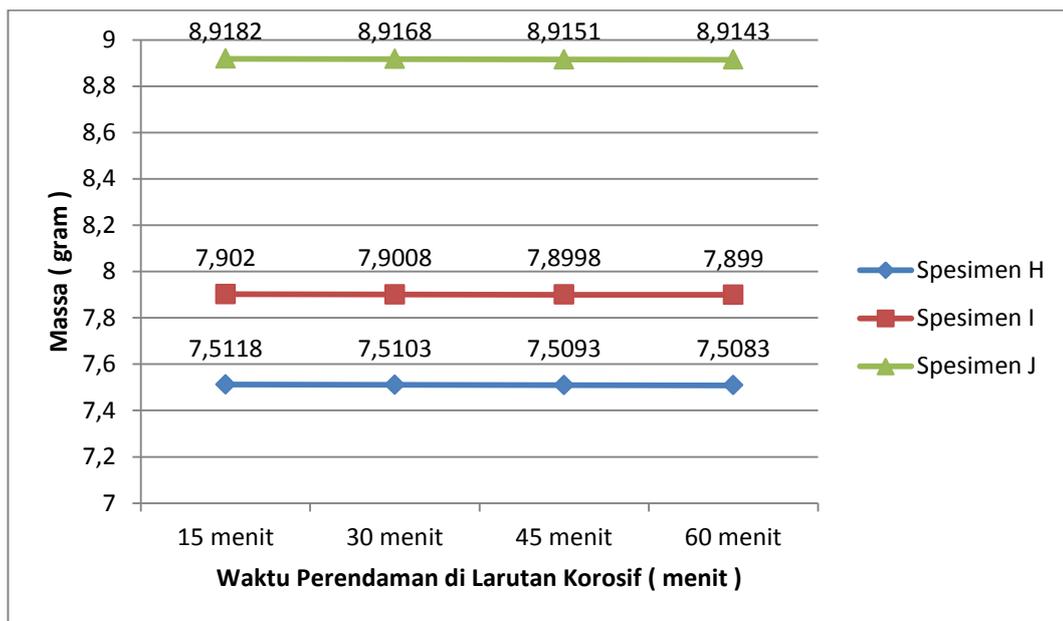
Pada gambar 4.11 dapat diketahui perbandingan laju korosi antara *non elektroplating* dan *elektroplating* nikel. Pada gambar 4.11 diketahui laju korosi dari spesimen A sebesar 0,14302 mm/year. Berdasarkan gambar 4.11 pada spesimen E memiliki laju korosi sebesar 0,0472 mm/year lebih besar dibandingkan laju korosi spesimen F sebesar 0,0413 mm/year. Namun jika dibandingkan dengan laju korosi variasi waktu *elektroplating* nikel lainnya, laju korosi spesimen G memiliki laju korosi terendah yaitu 0,03638 mm/year.

#### 4.1.4 *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro

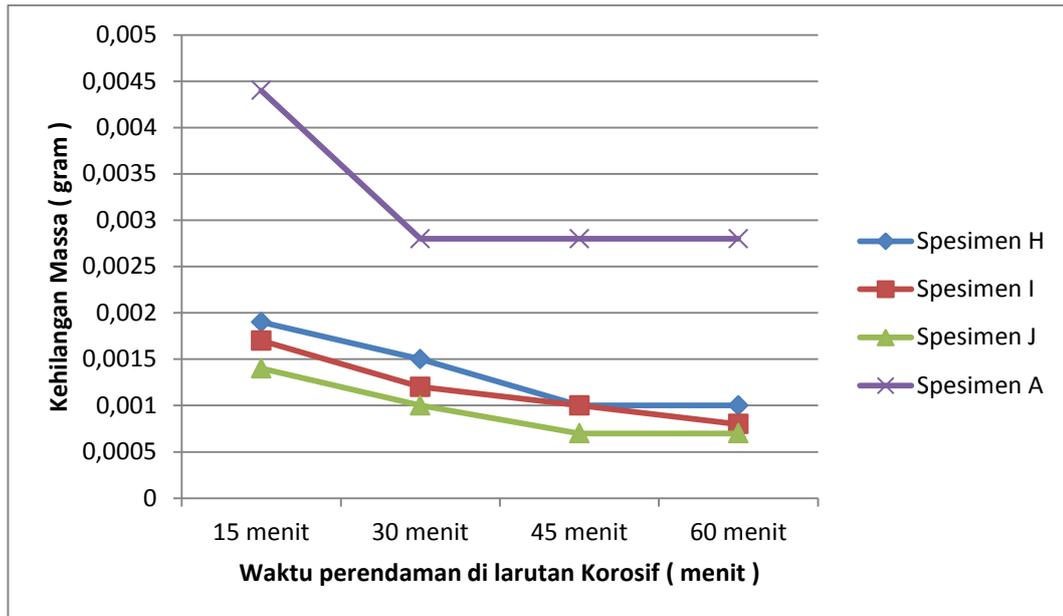
Adapun hasil pengujian laju korosi spesimen uji laju korosi yang sudah di lapisi Tembaga – Nikel - Ferro ( Cu – Ni – Fe ) dengan hasil seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 Data Uji Laju Korosi *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro

No	Spesimen	Massa Awal ( gram )	Waktu	Massa (gram)	$\Delta$ Massa ( gram )	$\Sigma \Delta$ Massa ( gram )	Laju Korosi ( mm / year)
1.	H	7,5137	15 menit	7,5118	0,0019	0,0054	0,05658
			30 menit	7,5103	0,0015		
			45 menit	7,5093	0,0010		
			60 menit	7,5083	0,0010		
2.	I	7,9037	15 menit	7,9020	0,0017	0,0047	0,04924
			30 menit	7,9008	0,0012		
			45 menit	7,8998	0,0010		
			60 menit	7,8990	0,0008		
3.	J	8,9182	15 menit	8,9182	0,0014	0,0038	0,03981
			30 menit	8,9168	0,0010		
			45 menit	8,9151	0,0007		
			60 menit	8,9144	0,0007		



Gambar 4.12 Grafik Penurunan Massa Elektroplating Tembaga – Nikel – Ferro



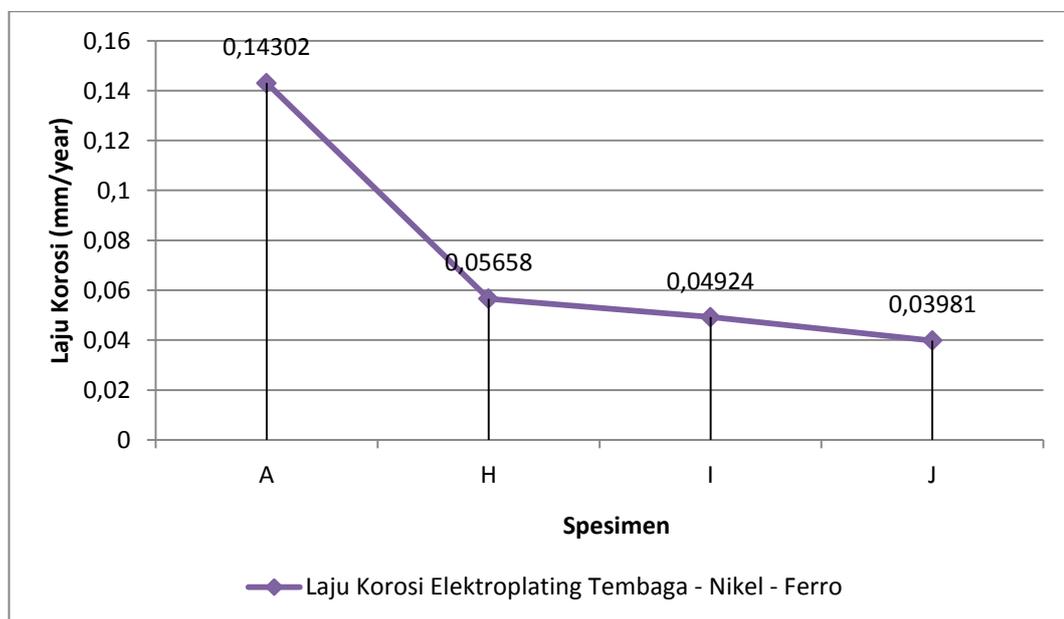
Gambar 4.13 Grafik Kehilangan Massa Elektroplating Tembaga – Nikel – Ferro

Berdasarkan gambar 4.10 dan 4.11 dapat diketahui bahwa spesimen H memiliki massa awal sebesar 7,5137 gram .Spesimen H pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0019 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,5118 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0015 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,5103 gram .Lalu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,5093 gram, Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,5083 gram.

Berdasarkan gambar 4.10 dan gambar 4.11 dapat diketahui bahwa spesimen I memiliki massa awal sebesar 7,9037 gram. Spesimen I pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0017 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,9020 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0012 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,9008 gram. Lalu, pada menit ke 45 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,8998 gram. Pada menit ke 60 mengalami

kehilangan massa sebesar 0,0008 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 7,8990 gram.

Berdasarkan gambar 4.10 dan gambar 4.11 dapat diketahui bahwa spesimen J memiliki massa awal sebesar 8,9182 gram. Spesimen J pada menit ke 15 mendapatkan kehilangan massa sebesar 0,0014 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,9168 gram. Pada menit ke 30 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0010 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,9158 gram. Lalu, pada menit ke 45 kehilangan massa sebesar 0,0007 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,9151 gram. Pada menit ke 60 mengalami kehilangan massa sebesar 0,0007 gram dan mengalami penurunan massa sehingga massanya menjadi 8,9144 gram.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Laju Korosi antara Non *Elektroplating* dan *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro

Pada gambar 4.14 dapat diketahui perbandingan laju korosi antara *non elektroplating* dan elektroplating tembaga – nikel - ferro. Pada gambar 4.14 diketahui laju

korosi dari spesimen A sebesar 0,14302 mm/year. Berdasarkan gambar 4.14 pada spesimen H memiliki laju korosi sebesar 0,05658 mm/year lebih besar dibandingkan laju korosi I sebesar 0,04924 mm/year. Namun jika dibandingkan dengan laju korosi variasi waktu *elektroplating* tembaga – nikel - ferro lainnya, laju korosi spesimen J memiliki laju korosi terendah yaitu 0,03981 mm/year.



Gambar 4.15 Larutan Korosif HCl 3,5% Sebelum dan Sesudah Pengujian Laju Korosi

Larutan korosif HCl 3,5% yang awalnya bening seperti air saat sebelum dilakukan pengujian laju korosi. Setelah dilakukan pengujian laju korosi pada semua spesimen, warna larutan korosif HCl 3,5% berubah menjadi keruh akibat terjadinya korosi pada spesimen yang dilakukan uji laju korosi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan , didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju korosi spesimen elektroplating tembaga pada baja karbon rendah dalam larutan korosif HCl 3,5% pada waktu pelapisan 3 menit memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen elektroplating tembaga dengan variasi waktu lainnya yaitu 0,04615mm/year.
2. Laju korosi spesimen elektroplating nikel pada baja karbon rendah dalam larutan korosif HCl 3,5% pada waktu pelapisan 30 menit memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen elektroplating nikel dengan variasi waktu lainnya yaitu 0,03638 mm/year.
3. Laju korosi spesimen elektroplating tembaga – nikel - ferro pada baja karbon rendah dalam larutan korosif HCl 3,5% pada waktu pelapisan 30 menit memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen elektroplating tembaga - nikel – ferro dengan variasi waktu lainnya yaitu 0,03981 mm/year.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian maka penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi komposisi tembaga – nikel – ferro terhadap laju korosi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Azhar A. Saleh , 2008, “ *Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik* “, Yrama Widya, Bandung .
2. Basmal, dkk, 2012, “ *Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga – Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Nilai Kekasaran* “ Jurnal Tesis Universitas Diponegoro, Semarang
3. Febryan, dkk, 2012, “ *Pengaruh pH Larutan Elektrolit Terhadap Tebal Lapisan Elektroplating Nikel Pada Baja ST 37* “ Jurnal Penelitian Universitas Negeri Surabaya , Surabaya
4. Fredina, dkk, 2013, “ *Pelapisan NiCo/Cr dengan Gabungan Teknik Elektroplating dan Pack-Cementation Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi dan Kekerasan Baja Karbon Rendah* “ Jurnal Penelitian Fisika LIPI, Tangerang
5. Fontana, M. G., 1987, “*Corrosion Engineering*”, 3rd Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York
6. Hartomo, J. Anton,1995 ,“ *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplaiting)*”, Jogjakarta .
7. Theretwey, Kenneth R , 1988, “ *Corrosion, for students of Science and Engineering* “ , Longman Group, UK
8. Victor Malau , Nelson S , 2011, “ *Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi NaCl Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi dari Lapisan Nikel Elektroplating pada Permukaan Baja Karbon Sedang* “ Jurnal Penelitian Universitas Gajah Mada , Yogyakarta

# **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN 1

## Perhitungan Laju Korosi

Rumus :

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

Dimana :	CR	= Laju Korosi ( mm/year )
	W	= Kehilangan Massa ( gram )
	K	= Konstanta Faktor ( mpy = 87,6 )
	D	= Densitas ( gram/cm <sup>3</sup> )
	A	= Luas Permukaan ( cm <sup>2</sup> )
	T	= Waktu ( jam )

**1. Perhitungan Laju Korosi Non Elektroplating**

Dimana :	W	= 0,0128 gram	K	= 87,6
	D	= 7,84 gram/cm <sup>3</sup> ( Densitas Baja Karbon )		
	A	= 1 cm <sup>2</sup>	T	= 1 jam

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

$$CR = \frac{0,0128 \cdot 87,6}{7,85 \cdot 1 \cdot 1} = 0,14302 \text{ mm/year}$$

## 2. Perhitungan Laju Korosi Tembaga

- *Elektroplating* Tembaga 1 menit

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } W &= 0,0057 \text{ gram} & K &= 87,6 \\ D &= 8,92 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Tembaga )} \\ A &= 1 \text{ cm}^2 & T &= 1 \text{ jam} \end{aligned}$$

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

$$CR = \frac{0,0057 \cdot 87,6}{8,92 \cdot 1 \cdot 1} = 0,05597 \text{ mm/year}$$

- *Elektroplating* Tembaga 2 menit

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } W &= 0,0055 \text{ gram} & K &= 87,6 \\ D &= 8,92 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Tembaga )} \\ A &= 1 \text{ cm}^2 & T &= 1 \text{ jam} \end{aligned}$$

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

$$CR = \frac{0,0055 \cdot 87,6}{8,92 \cdot 1 \cdot 1} = 0,05401 \text{ mm/year}$$

- *Elektroplating* Tembaga 3 menit

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } W &= 0,0047 \text{ gram} & K &= 87,6 \\ D &= 8,92 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Tembaga )} \\ A &= 1 \text{ cm}^2 & T &= 1 \text{ jam} \end{aligned}$$

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

$$CR = \frac{0,0047 \cdot 87,6}{8,92 \cdot 1 \cdot 1} = 0,04615 \text{ mm/year}$$

### 3. Perhitungan Laju Korosi *Elektroplating* Nikel

- *Elektroplating* Nikel 10 menit

$$\text{Dimana : } W = 0,0047 \text{ gram} \quad K = 87,6$$

$$D = 8,908 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Nikel )}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 \quad T = 1 \text{ jam}$$

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

$$CR = \frac{0,0048 \cdot 87,6}{8,908 \cdot 1 \cdot 1} = 0,04720 \text{ mm/year}$$

- *Elektroplating* Nikel 20 menit

$$\text{Dimana : } W = 0,0042 \text{ gram} \quad K = 87,6$$

$$D = 8,908 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Nikel )}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 \quad T = 1 \text{ jam}$$

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

$$CR = \frac{0,0042 \cdot 87,6}{8,908 \cdot 1 \cdot 1} = 0,04130 \text{ mm/year}$$

- *Elektroplating* Nikel 30 menit

$$\text{Dimana : } W = 0,0037 \text{ gram} \quad K = 87,6$$

$$D = 8,908 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Nikel )}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 \quad T = 1 \text{ jam}$$

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

$$CR = \frac{0,0037 \cdot 87,6}{8,908 \cdot 1 \cdot 1} = 0,03638 \text{ mm/year}$$

#### 4. Perhitungan Laju Korosi *Elektroplating* Tembaga – Nikel – Ferro

- *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro 10 menit

$$\text{Dimana : } W = 0,0054 \text{ gram} \quad K = 87,6$$

$$D = 8,36 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Paduan Tembaga - Nikel )}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 \quad T = 1 \text{ jam}$$

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

$$CR = \frac{0,0054 \cdot 87,6}{8,36 \cdot 1 \cdot 1} = 0,05658 \text{ mm/year}$$

- *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro 20 menit

$$\text{Dimana : } W = 0,0047 \text{ gram} \quad K = 87,6$$

$$D = 8,36 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Paduan Tembaga - Nikel )}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 \quad T = 1 \text{ jam}$$

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

$$CR = \frac{0,0047 \cdot 87,6}{8,36 \cdot 1 \cdot 1} = 0,04924 \text{ mm/year}$$

- *Elektroplating* Tembaga – Nikel - Ferro 30 menit

$$\text{Dimana : } W = 0,0038 \text{ gram} \quad K = 87,6$$

$$D = 8,36 \text{ gram/cm}^3 \text{ ( Densitas Paduan Tembaga - Nikel )}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2 \quad T = 1 \text{ jam}$$

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

$$CR = \frac{0,0038 \cdot 87,6}{8,36 \cdot 1 \cdot 1} = 0,03981 \text{ mm/year}$$

## LAMPIRAN 2

## Hasil Uji Laju Korosi Non Elektroplating

Massa Awal (  $W_o$  )

Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

## LAMPIRAN 3

Hasil Uji Laju Korosi Elektroplating Tembaga

( Spesimen Elektroplating Tembaga 1 menit )

Massa Awal (  $W_o$  )

Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

( Spesimen Elektroplating Tembaga 2 menit )



Massa Awal (  $W_0$  )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

( Spesimen Elektroplating Tembaga 3 menit )



Massa Awal (  $W_0$  )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

## LAMPIRAN 4

Hasil Uji Laju Korosi Elektroplating Nikel

( Spesimen Elektroplating Nikel 10 menit )

Massa Awal (  $W_o$  )

Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

( Spesimen Elektroplating Nikel 20 menit )



Massa Awal (  $W_o$  )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

( Spesimen Elektroplating Nikel 30 menit )



Massa Awal ( $W_o$ )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

## LAMPIRAN 5

Hasil Uji Laju Korosi Elektroplating Tembaga – Nikel – Ferro

( Spesimen Elektroplating Tembaga – Nikel - Ferro 10 menit )



Massa Awal (  $W_o$  )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

( Spesimen Elektroplating Tembaga – Nikel - Ferro 20 menit )



Massa Awal (  $W_o$  )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

( Spesimen Elektroplating Tembaga – Nikel - Ferro 30 menit )



Massa Awal (  $W_o$  )



Massa pada menit ke 15



Massa pada menit ke 30



Massa pada menit ke 45



Massa pada menit ke 60

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**AGUNG TRIS MULYADI** lahir di Tangerang, 04 Juni 1995. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari keluarga Bapak Alm. Suryadi dan Ibu Sudarsinah. Bertempat tinggal di Perumahan Pondok Alam Permai Blok H2 No.24 RT.007 RW.07, Kelurahan Alam Jaya, Kecamatan Jatiuwung, Kota Tangerang. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah SD Negeri Doyong 04 pada tahun ajar 2001/2002 - 2006/2007. Kemudian, melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 12 Kota Tangerang pada tahun ajar 2008/2009 – 2010/2011. Selanjutnya, melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 4 Kota Tangerang dengan jurusan Teknik Mesin dan mengambil konsentrasi Pemesinan Produksi pada tahun ajar 2010/2011 - 2012/2013. Setelah itu, melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi pada tahun 2013 melalui SBMPTN Tertulis dan diterima di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta dan mengambil konsentrasi Pemesinan Produksi.

Selama melaksanakan kuliah di Universitas Negeri Jakarta telah melakukan kegiatan Praktek Kerja Lapangan ( PKL ) di PT. Batam Aero Technic yang bertempat Bandara Cakrabuana Cirebon pada bulan Januari 2017 selama satu bulan dan melakukan kegiatan Praktek Keterampilan Mengajar ( PKM ) di SMK Negeri 54 Jakarta yang bertempat di Jalan Bendungan Jago, Jakarta Utara selama satu semester pada periode Agustus 2016 – Desember 2016