



**PENGARUH JARAK ANODA KATODA TEKNIK  
ELEKTROPLATING SENG TERHADAP  
KETEBALAN DAN KEKERASAN HASIL LAPISAN**

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

oleh  
**Abid Suyuti Ridlwan**  
**5201411064**  
UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2016**

## HALAMAN PENGESAHAN



Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Abid Suyuti Ridlwan  
NIM : 5201411064  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Judul Skripsi : Pengaruh Jarak Anoda Katoda Teknik Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Hasil lapisan.

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

### Panitia Ujian

Tanda Tangan Tanggal

Ketua : Rusiyanto, S. Pd. MT (  ) 27/9/16  
NIP. 19740321 1999031002  
Sekretaris : Rusiyanto, S. Pd. MT (  ) 27/9/16  
NIP. 19740321 1999031002

### Dewan Penguji

Pembimbing : Dr. Hadromi, S.Pd., MT (  ) ..... 27/9/16  
NIP. 19690807 1994031004  
Penguji Utama I : Dr. Murdani, M.Pd (  ) ..... 30/9/16  
19520721 1980121001  
Penguji Utama II : Drs. Masugino, M.Pd (  ) ..... 27/9/16  
19520721 1980121001  
Penguji Pendamping : Dr. Hadromi, S.Pd., MT (  ) ..... 27/9/16  
NIP. 196908071994031004

Ditetapkan tanggal:

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, MT  
NIP. 19691130 1994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Abid Suyuti Ridlwan

NIM : 5201411064

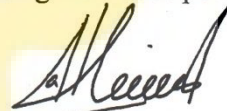
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Jarak Anoda Katoda Teknik Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Hasil Lapisan”** ini merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepengetahuan saya di dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 28 September 2016

Yang membuat pernyataan



Abid Suyuti Ridlwan

NIM 5201411064

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

**Ridlwan, Abid Suyuti. 2016.** Pengaruh Jarak Anoda Katoda Teknik Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Hasil Lapisan. Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Hadromi, S.Pd., M.T.

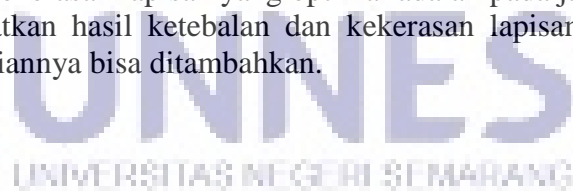
Kata Kunci : Elektroplating Seng, Jarak Anoda Katoda.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan ketebalan dan kekerasan yang dihasilkan dari pengaturan jarak anoda katoda elektroplating seng pada jarak 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, dan 16 cm.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, dilakukan pada plat baja karbon rendah. Data komposisi kimia spesimen uji diperoleh dengan cara melakukan pengujian komposisi kimia pada spesimen. Data penelitian ketebalan lapisan diperoleh dengan menggunakan alat *Coating Thickness Gauge DUALSCOPE MPOR*. Data penelitian kekerasan lapisan diperoleh dengan menggunakan metode uji *Micro Vickers*. Data hasil penelitian diperoleh dengan cara mengamati secara langsung hasil eksperimen yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dianalisis dan disimpulkan.

Hasil penelitian menunjukkan semakin dekat jarak anoda katoda semakin tinggi nilai ketebalan dan kekerasan lapisannya. Nilai ketebalan lapisan tertinggi pada jarak anoda katoda 8 cm dengan ketebalan rata-rata 4,53  $\mu\text{m}$ . Nilai ketebalan lapisan terendah pada jarak anoda katoda 16 cm dengan ketebalan rata-rata 3,40  $\mu\text{m}$ . Nilai kekerasan lapisan tertinggi pada jarak anoda katoda 8 cm dengan nilai kekerasan rata-rata 75,5 VHN. Nilai kekerasan lapisan terendah pada jarak anoda katoda 12 cm dengan nilai kekerasan rata-rata 55,5 VHN.

Penelitian menunjukkan jarak anoda katoda terbaik untuk menghasilkan ketebalan dan kekerasan lapisan yang optimal adalah pada jarak 8 cm. Disarankan untuk mendapatkan hasil ketebalan dan kekerasan lapisan yang lebih optimal, variabel penelitiannya bisa ditambahkan.



## ABSTACT

**Ridlwan, Abid Suyuti. 2016. Effect Of Distance Anode And Cathode Zinc Electroplating Technical In Thickness And Hardness Plating. Undergraduate thesis. Mechanical Engineering Department Engineering Faculty Semarang State University. Dr. Hadromi, S.Pd., M.T.**

*Key Word : Zinc Electroplating, Distance Anode and Cathode.*

*The purpose of this research were to knew thickness and hardness that was result of distance anode and cathode zinc electroplating at 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, ang 16 cm.*

*The research used experimental methods, given on steel plate with low carbon. Data of chemical composition was found by chemical composition test. The experiment use Coating Thickness Gauge DUALSCOPE MPOR to measuring thickness of plating, and to measuring hardness number use micro Vickers method. Output data research by direct observation experiment the data and shown data research into tabel and graph then analyzed and concluded.*

*The research result showed more near distance of anode and catohe more high number of plaing thickness and hardness. The highest thickness plating number was result on distance anode and cathode 8 cm with thickness average is 4,53 $\mu$ m. And the lowest thickness plating number was result on distance anode and cathode 16 cm with thickness average 3,40 $\mu$ m. The highest hardness plating number was result on distance anode and cathode 8 cm with hardness average number 75,5 VHN. The lowest hardness plating number was result on distance anode and cathode 12 cm with hardness average number 55,5 VHN.*

*The research showed the best distance anode and cathode to result optimal thickness and hardness plating on 8 cm. Advised for more optimal of thickness and hardness number, the research can be increased more variables.*

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto

- Manusia paling baik di hadapan Allah adalah yang mengakui kesalahannya dan bertaubat.
- Innamal a'malu binniat "Nabi Muhammad SAW"
- There is no way to happiness, happiness is the way "Wayne Dyer"
- Think simply
- Urip kanggo ibadah, ojo ibadah kanggo urip "KH. Mustamir Wildan"
- Happiness in when what you think, what you say, and what you do are in harmony "Mahatma Gandhi"

### Persembahan

- Bapak ibu tercinta
  - Adik-adikku
  - Guru-guruku
- 
- UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Jarak Anoda Katoda Teknik Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Hasil Lapisan”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini selesai berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Drs. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Hadromi, S.Pd., M.T., Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Dr. Murdani, M.Pd., Penguji I yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam skripsi ini.
5. Drs. Masugino, M.Pd., Penguji II yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam skripsi ini.
6. Kepala laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan pengujian ketebalan dan kekerasan spesimen.

7. Kepala laboratorium logam ceper Politeknik Manufaktur Ceper yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan uji komposisi kimia spesimen.
8. Bapak Nuryadi dan Ibu Nur Hidayah yang selalu mendoakan agar skripsi ini berjalan dengan lancar.
9. Adik-adikku tercinta.
10. Keluarga besar SKB BEM KM Unnes, yang menjadi tempat menimba ilmu berorganisasi.
11. Keluarga besar Takmir Masjid Salman Al Farisi FT Unnes, Labeb, Ansori, David, Narju, Khoironi, Zaki, Jilpi, Arvina, yang telah mengisi hari-hariku dengan canda tawa, sehingga penulis selalu bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Semua pihak yang membantu hingga selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memerlukan kritik dan saran yang bersifat membangun, semoga skripsi ini bermanfaat. Amien.

Semarang, September 2016  
Penulis

Abid Suyuti Ridlwan  
5201411064



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Kajian Teori.....	7
1. Elektroplating .....	7
2. Prinsip Kerja Elektroplating .....	9

3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Elektroplating .....	10
4. Seng .....	16
5. Baja Karbon .....	17
6. Ketebalan .....	17
7. Kekerasan .....	18
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	20
C. Kerangka Pikir Penelitian.....	21
D. Pertanyaan Penelitian .....	23
<b>BAB III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>24</b>
A. Bahan Penelitian.....	24
B. Alat dan Skema Peralatan Penelitian.....	24
C. Prosedur Penelitian .....	29
1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian .....	29
2. Proses Penelitian.....	30
3. Data Penelitian.....	33
4. Analisis Data .....	34
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
A. Hasil Penelitian.....	35
B. Pembahasan .....	42
C. Keterbatasan Penelitian .....	48
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>49</b>
A. Simpulan.....	49
B. Saran Pemanfaatan Hasil Penelitian .....	49

DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	53



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Ketebalan Lapisan Seng .....	18
Tabel 3.1 Lembar Pengambilan Data Variasi Jarak Anoda Katoda.....	33
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Spesimen Uji .....	35
Tabel 4.2 Ketebalan Lapisan .....	37
Tabel 4.3 Kekerasan Lapisan .....	38
Tabel 4.4 Hasil Kekerasan Rata-Rata .....	39
Tabel 4.5 Hasil Ketebalan Rata-Rata dan Kekerasan Rata-Rata .....	40
Tabel 4.6 Ketebalan Lapisan dan Kedalaman Indentor .....	46



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Susunan Elektron Pada Atom Seng.....	8
Gambar 2.2 Reaksi Kimia Pada Larutan.....	8
Gambar 2.3 Perbedaan Potensial Terminal Positif dan Negatif Baterai .....	11
Gambar 2.4 Skema Reaksi Kimia Pada Anoda Katoda Elektroplating Seng .....	16
Gambar 2.5 Metode Uji Kekerasan Vickers .....	19
Gambar 2.6 Alur Kerangka Berfikir .....	23
Gambar 3.1 <i>Rectifier</i> .....	25
Gambar 3.2 Bak <i>Plating</i> .....	26
Gambar 3.3 Timbangan Digital .....	27
Gambar 3.4 <i>Coating Thickness Gauge DUALSCOPE MPOR</i> .....	27
Gambar 3.5 Alat Uji Kekerasan Micro Vickers.....	28
Gambar 3.6 Skema Penelitian.....	28
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 4.1 Grafik Hasil Ketebalan dan Kekerasan Rata-Rata Lapisan .....	41
Gambar 4.2 Bentuk Indentor Uji Kekerasan Vickers .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Izin Penelitian.....	53
Lampiran 2. Surat Keterangan Selesai Pengujian .....	54
Lampiran 3. Hasil Pengujian.....	56
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	60



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Industri otomotif di Indonesia memiliki pasar yang sangat bagus. Terbukti dengan bertambah banyaknya jumlah kendaraan yang ada di jalan raya. Hal ini sangat berpengaruh positif bagi industri yang bergerak di bidang penyediaan komponen atau jasa pembuatan bodi kendaraan, karoseri misalnya. Karoseri sering mendapat pesanan untuk membuat bodi dan kelengkapan bus, truk, *bus rapid transit*, atau mobil-mobil dinas khusus.

Pembuatan bodi kendaraan mengikuti perkembangan zaman. Misalnya di era sekarang ini bodi mobil terkesan lebih futuristik dan semakin bagus desainnya dengan banyaknya lekuan dan garis tajam pada bodi. Sehingga industri karoseripun harus punya keahlian untuk membentuk plat baja sebagai bahan pembuatan bodi kendaraan. Pembentukan plat untuk bodi menggunakan press sesuai desain pesanan atau dengan menyambung plat membentuk lekuan tertentu dengan las. Hasil lekuan plat setelah dipres ataupun setelah mengalami penyambungan pengelasan menyebabkan perubahan struktur mikro dan tegangan sisa, di mana akan berpengaruh pada sifat mekanis dan laju korosi. Laju korosi ini akan semakin mudah terjadi ditambah dengan adanya perubahan suhu, kelembaban, dan terkena air hujan selama

pemakaian mobil. Korosi ini terjadi akibat oksidasi antara material logam dengan oksigen.

Untuk mengurangi kerugian akibat korosi, industri karoseri biasanya melapisi bodi dengan cat. Namun demikian, dalam kurun waktu tertentu ketika daya adhesi cat sudah mulai lemah maka bodi tidak mendapat perlindungan terhadap korosi. Salah satu teknik yang dapat menambah daya tahan terhadap korosi pada bodi kendaraan adalah dengan teknik pelapisan seng. Adapun teknik pelapisan seng yaitu *Hot Dip Galvanizing* di mana benda yang akan dilapis dimasukkan ke dalam larutan seng dengan suhu tinggi sekitar 600 °C, dan teknik pelapisan seng elektroplating. Dalam penelitian ini, teknik yang digunakan untuk menambah daya tahan terhadap korosi adalah teknik elektroplating seng. Setelah dilakukan teknik elektroplating seng, kemudian baru dilakukan pengecatan pada bodi kendaraan.

Menurut Iqbal dan Zaafrani (2011:204), "*electroplating is a plating process that uses electrical current to reduce cations of a desired material from a solution and coat a conductive object with a thin layer of the material, such as a metal*". Elektroplating adalah proses pelapisan yang menggunakan arus listrik untuk mengurangi kation material yang diinginkan dari larutan dan melapisi benda dengan menghantarkan lapisan material yang tipis, seperti baja. Misalnya adalah ketika baja karbon rendah ingin dilapisi seng, maka seng (anoda) diletakkan di



terminal positif sumber tegangan DC sedangkan baja karbon rendah (katoda) diletakkan di terminal negatif.

Terdapat beberapa kondisi operasi yang mempengaruhi proses elektroplating, material yang dilapis, tegangan listrik, lama waktu pelapisan, dan jarak antara anoda katoda pada bak plating. Industri pelapisan logam teknik elektroplating sering memperhatikan beberapa faktor di atas untuk mendapatkan hasil yang maksimal namun dengan biaya yang sesuai (tidak terlalu mahal karena kerugian waktu, ketebalan hasil *plating*, dan biaya operasional lainnya). Karena masih perlunya informasi mengenai elektroplating, maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak anoda katoda teknik elektroplating seng terhadap ketebalan dan kekerasan hasil lapisan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Bodi kendaraan rentan mengalami korosi karena penggunaan sehari-hari. Usia kendaraan, terik matahari, air hujan, menjadi penyebab cepatnya laju korosi pada kendaraan. Untuk mencegah terjadinya korosi pada kendaraan perlu dilakukan perlakuan tambahan berupa pelapisan seng pada bodi sebelum nantinya dilapisi dengan cat untuk *finishing*. Salah satu teknik pelapisan seng adalah elektroplating. Ada banyak hal yang mempengaruhi hasil ketebalan dan kekerasan hasil lapisan elektroplating seng, diantaranya besarnya voltase, material yang digunakan, lama waktu pelapisan, dan jarak anoda katoda. Dalam

penelitian ini, yang diteliti adalah pengaruh jarak anoda katoda terhadap ketebalan dan kekerasan pada teknik elektroplating seng.

Secara teori ketika melakukan pelapisan logam teknik elektroplating jarak anoda katoda sangat berpengaruh. Semakin dekat jarak anoda katoda semakin cepat pula proses pelapisannya, namun hasilnya akan lebih tebal jika dibandingkan dengan jarak yang sedikit lebih jauh. Jika terlalu dekat jarak anoda katoda, maka akan menghasilkan gas hidrogen yang dapat mengganggu proses pelapisan, sehingga menghasilkan pelapisan yang lebih tipis atau bahkan terbakar. Hal ini akan berpengaruh pada biaya operasional dan kualitas hasil lapisan.

### **C. Pembatasan Masalah**

Pembatasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Material yang dilapis adalah baja karbon rendah.
2. Tegangan yang digunakan adalah 4 volt.
3. Lama proses elektroplating adalah 20 menit.
4. Variasi jarak anoda katoda 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, dan 16 cm.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan ulasan latar belakang, agar penelitian dapat dilakukan terarah dan sesuai dengan sasaran yang dikehendaki, maka masalah yang akan diteliti terperinci sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating terhadap hasil ketebalan lapisan seng.

2. Bagaimanakah pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating terhadap hasil kekerasan lapisan seng.
3. Variasi pada jarak anoda katoda manakah yang terbaik dalam menghasilkan ketebalan dan kekerasan lapisan seng.

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating seng terhadap ketebalan hasil lapisan.
2. Mengetahui pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating seng terhadap kekerasan hasil lapisan.
3. Mengetahui variasi jarak anoda katoda yang dapat menghasilkan ketebalan dan kekerasan yang terbaik pada spesimen hasil uji elektroplating seng.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Manfaat Teoritis
  - a. Bentuk sumbangan positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dalam rangka menyukseskan proses kegiatan belajar mengajar.
  - b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan sebagai bahan kajian atau sarana informasi.

## 2. Manfaat Praktis

### a. Akademisi

Menunjang kinerja guru serta memotivasi siswa dalam mengenal, mengetahui, dan memahami teknik elektroplating seng.

### b. Universitas

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan berupa data hasil penelitian teknik elektroplating seng yang dipengaruhi oleh jarak anoda katoda terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan bagi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

### c. Penulis

Menambah wawasan tentang teknik elektroplating seng.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

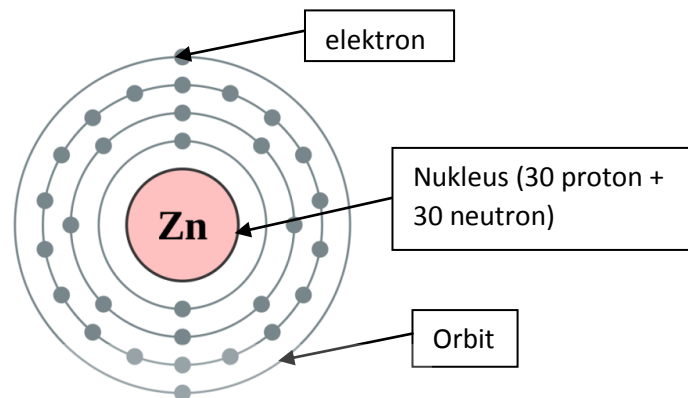
#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Elektroplating**

Menurut Sugiyarta et al. (2012: 23), “pelapisan logam adalah suatu cara yang diberikan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan di mana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan maupun ketahanannya serta tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan pada sifat fisiknya”. Pelapisan logam memang memiliki banyak metode, salah satunya adalah dengan cara elektroplating.

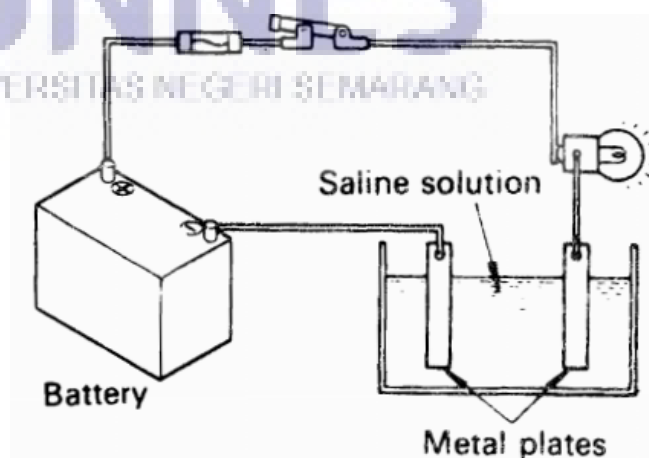
Elektroplating didefinisikan sebagai “perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam”(Sutomo et al., 2010:13). Ion logam tersebut berasal dari elektrolit dan juga berasal dari logam pada anoda yang terlarut pada elektrolit. Pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda.

“Elektron adalah bagian dari suatu atom yang mempunyai massa sangat kecil dan bermuatan negatif. Proton merupakan massa atom yang menentukan massa atom dan bermuatan positif. Sedangkan neutron merupakan partikel bermassa namun tidak bermuatan”(Sutomo et al., 2010:13). Sebagai pemahaman digambarkan dengan susunan atom unsur seng pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Susunan Elektron Pada Atom Seng.

“Elektrolit merupakan suatu larutan yang mengandung ion-ion sehingga dapat menghantarkan arus listrik”(Sutomo et al., 2010:15). Sebagai pemahaman tentang elektrolit dijelaskan oleh PT. Toyota-Astra Motor (2003:2-23), “bila dua pelat logam dimasukkan ke dalam larutan garam, atau asam sulfat, dan lain-lain. Kemudian lampu dan baterai dihubungkan seperti pada gambar, lampu akan menyala.” Ini membuktikan terbentuknya sirkuit listrik dan arus melalui cairan (elektrolit). Reaksi kimia pada permukaan logam yang terbentuk digambarkan seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Reaksi Kimia Pada Larutan.

Elektrolit yang digunakan dalam elektroplating seng memiliki beberapa jenis komposisi, dalam penelitian ini komposisi elektrolitnya yaitu *sodium hydroxide* (NaOH) sebanyak 420 gram, *zinc oxide* (ZnO) sebanyak 97,5 gram, *Rochelle salt* (NaK(C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>)) sebanyak 9,75 gram. Komposisi ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Yerikho et. al (2013) dengan judul Optimalisasi Variasi Tegangan dan Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Plat Baja Karbon Rendah Dengan Proses Elektroplating Menggunakan Pelapisan Seng. Reaksi kimia yang terbentuk pada elektrolit adalah  $2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{ONa})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  atau  $\text{ZnO} + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{ONa})_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

## 2. Prinsip Kerja Elektroplating

Reaksi kimia pada proses elektroplating menggunakan prinsip-prinsip teknologi elektrokimia. “Proses-proses pengendapan secara elektrokimia dinamakan elektrodeposisi” (Hartomo dan Kaneko, 1992:2).

Pemahaman tentang elektrokimia dijelaskan sebagai berikut:

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 (Hartomo dan Kaneko, 1992:3).

### 3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Elektroplating

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil elektroplating, namun penulis hanya menyebutkan beberapa saja, antara lain:

#### a. Arus listrik

“Arus listrik adalah aliran muatan negatif (elektron-elektron) dari kutub negatif ke kutub positif”(Bishop, 2002:7). “Bila elektron-elektron bebas bergerak dengan arah yang tetap, maka listrik dinamis ini disebut listrik arus searah (DC). Bila arah gerakan dan jumlah arus (besar arus) bervariasi secara periodik terhadap waktu, maka listrik dinamis ini disebut listrik arus bolak-balik (AC)”(PT. Toyota-Astra Motor, 2003:2-3).“Bagi elektroplating, yang penting adalah arus DC” (Hartomo dan Kaneko, 1992:36).

Hal ini secara teori disampaikan dalam hukum elektrolisis faraday pada Hartomo dan Kaneko (1992:3), yang 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 ekuivalen kimianya.

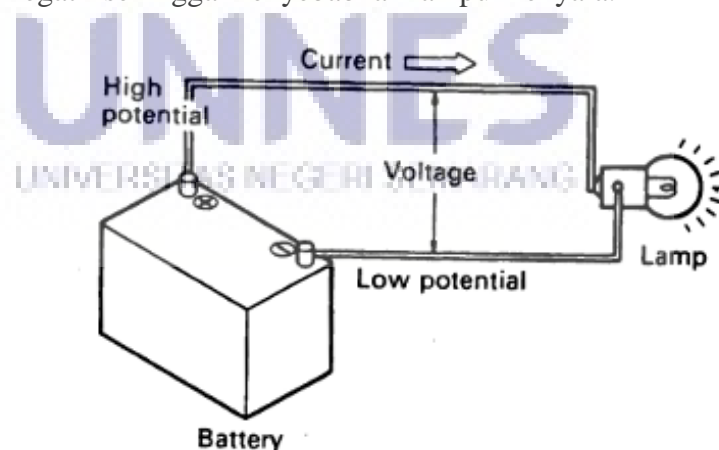
Rapat arus sangat berpengaruh terhadap ketebalan benda yang *diplating*. “Rapat arus adalah jumlah arus listrik yang mengalir per satuan luas elektroda”(Sugiyarta et al., 2012:25). Rapat arus dibagi menjadi dua, yaitu rapat arus pada anoda dan katoda. Namun yang terpenting adalah yang ada di katoda. Karena katodalah yang



mengalami pelapisan dan nantinya akan diuji ketebalan lapisannya. Menurut ASTM B 633-85 ukuran spesimen uji elektroplating seng adalah panjang 100 mm, lebar 25 mm, dan tebal 1 mm. Ini berarti luas permukaan spesimennya adalah  $750 \text{ cm}^2$ . Besar kecilnya arus yang mengalir dipengaruhi oleh tegangan dan hambatan listrik.

b. Tegangan listrik

“Tegangan listrik adalah gaya listrik yang menggerakkan arus untuk mengalir di sepanjang sebuah rangkaian listrik”(Bishop, 2002:12). “Kelebihan muatan negatif (elektron bebas) pada terminal negatif baterai dan kelebihan muatan positif (penerima elektron bebas) pada terminal positif baterai” (PT. Toyota-Astra Motor, 1995: 2-5). Perbedaan ini menyebabkan terjadinya tekanan tegangan, sehingga menyebabkan arus listrik mengalir dalam rangkaian kelistrikan. Gambar 2.3 menjelaskan perbedaan potensial pada terminal positif dan negatif sehingga menyebabkan lampu menyala.



Gambar 2.3. Perbedaan Potensial Terminal Positif dan Negatif  
Baterai.

Hubungan tegangan dan arus listrik secara teori disajikan pada rumus (1).

$$I = \frac{V.A}{\rho.l} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana:

I = Banyak arus (ampere).

V = Tegangan (volt).

A = Luas permukaan (m<sup>2</sup>).

$\rho$  = Tahanan jenis (ohm.m).

l = Panjang konduktor (m).

Berdasarkan rumus di atas, maka kuat arus berbanding lurus dengan luas permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Dengan penambahan luas permukaan maka rapat arusnya pun semakin besar. Dalam elektroplating rapat arus menentukan tingkat kecepatan pelapisan dan dapat memperkecil ukuran butir endapan pada katoda. Namun apabila rapat arus terlalu tinggi maka hasil lapisan akan kasar, bersisik, dan terbakar. Oleh karena itu tegangan sangat berpengaruh pada hasil pelapisan. Baik untuk ketebalannya maupun kekerasannya. Hartomo dan Kaneko (1992:45) mengatakan “potensial elektroda seng -0,76 volt”. Namun demikian dikarenakan beberapa hal termasuk konsentrasi larutan, luas permukaan benda yang *diplating*, jarak anoda katoda, sehingga memerlukan potensial atau tegangan lebih dari itu. Relevansi penelitian yang dilakukan oleh Yerikho et al. (2013), dengan judul “Optimalisasi Variasi Tegangan Dan Waktu Terhadap

Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Plat Baja Karbon Rendah Dengan Proses Elektroplating Menggunakan Pelapis Seng”, mendapatkan tebal pelapisan seng  $7\mu\text{m}$  mencukupi standar minimal pada ASTM 633-85 dengan besar tegangan yang digunakan adalah 6 volt dan waktu pencelupan 20 menit. Ukuran spesimennya memiliki panjang 100 mm, lebar 30 mm, dan tebal 2,5 mm. Pada penelitian ini menggunakan spesimen dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 25 mm, dan tebal 1 mm sehingga tegangan yang digunakan adalah 4 volt.

c. Lama waktu pelapisan

Proses pelapisan teknik elektroplating “waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapis”(Sugiyarta et al., 2012:25). Deposit logam semakin bertambahnya waktu akan semakin banyak yang menempel pada katoda (benda yang *diplating*). Yerikho et al. (2013: 63) menyajikan dalam rumus (2).

$$B = \frac{I \cdot t \cdot e}{F} = \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

B = Berat zat yang terbentuk (gr).

I = Jumlah arus yang mengalir (A).

t = Waktu (detik).

e = Berat ekuivalen zat yang dibebaskan (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut).

F = Jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah gram ekivalen suatu zat ( $1 F = 96.500 \text{ Coulomb}$ ).

Rumus (2) menjelaskan jika nilai t (waktu) semakin tinggi maka nilai B (berat lapisan) juga semakin tinggi. Begitu juga sebaliknya, jika nilai t semakin kecil maka nilai B juga semakin kecil. Berat lapisan (gr) berarti tebal lapisannya (mm) juga berpengaruh. Semakin tebal lapisan yang terbentuk, semakin berat pula spesimen hasil lapisannya.

d. Suhu

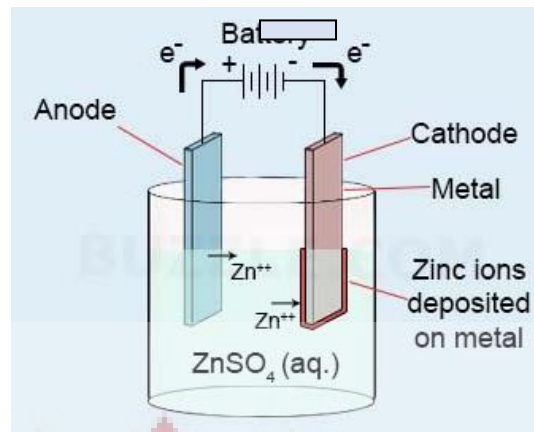
Suhu sangat penting untuk menyeleksi jalannya reaksi dan melindungi pelapisan. Keseimbangan suhu ditentukan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi larutan, jarak anoda katoda, serta ampere yang digunakan. Semakin tinggi suhu operasional pelapisan, maka akan berpengaruh pada meningkatnya ketebalan lapisan. Namun di sisi lain semakin tinggi suhu operasional, maka nilai kekasaran meningkat. Oleh karena itu, suhu operasional perlu diperhatikan dan disesuaikan dengan waktu pelapisan. Sehingga mendapat hasil pelapisan dengan ketebalan dan kerataan yang bagus. Hartomo dan Kaneko (1992:46) menyampaikan sebagai contoh dalam bak seng sianida suhu untuk elektroplating seng yaitu dari  $20^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ .

e. Jarak anoda katoda

Menurut Michael Faraday dalam Iqbal dan Zaafrani (2011:178) mendefinisikan anoda dan katoda sebagai berikut:

*defined the cathode as the electrode to which cations flow (positively charged ions, like silver ions  $Ag^+$ ), to be reduce by reacting with (negatively-charged) electrons on the cathode. Likewise he defined the anode as the electrode to which anions flow (negatively charged ions, like chloride ions  $Cl^-$ ), to be oxidized by depositing electrons on the anode.*

Memiliki pengertian bahwa katoda sebagai elektroda yang mana aliran kation (ion-ion bermuatan positif, seperti ion-ion  $Ag^+$  perak), direduksi oleh reaksi dengan (terminal negatif) elektron-elektron pada katoda. Demikian juga dengan anoda memiliki pengertian sebagai elektroda yang mana aliran anion (ion-ion bermuatan negatif, seperti ion-ion  $Cl^-$  khlorida), dioksidasi oleh pengendapan elektron-elektron pada anoda. “Pada anoda terjadi oksidasi, pada katoda terjadi reduksi”(Hartomo dan Kaneko, 1992:2). Jarak anoda katoda akan mempengaruhi sedikit banyaknya ketebalan lapisan. Hal ini dikarenakan oleh terjadinya oksidasi pada anoda dan reduksi pada katoda semakin cepat jika jarak keduanya semakin dekat. Namun jika jarak anoda katoda terlalu dekat, akan terjadi gelembung-gelembung udara yang akan mengganggu proses elektroplating yang disebabkan oleh perbedaan potensial yang terlalu tinggi. Memungkinkan terjadinya permukaan lapisan yang terbakar atau hasil pelapisan yang terlalu tipis karena pengendapan lapisan terganggu atau terhalang oleh gelembung-gelembung gas hydrogen ( $H_2$ ). Reaksi kimia pada anoda katoda dalam elektroplating seng dijelaskan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Skema Reaksi Kimia Pada Anoda Katoda Elektroplating

Seng

#### 4. Seng

Diterangkan dalam Sukandarrumidi (2007:101) seng mempunyai sifat:

- Berwarna kelabu muda.
- Tahan korosi.
- Berat jenis 7,1.
- Titik cair 419°C dan titik didih 906°C.
- Pada suhu 130-150°C seng dapat dipecah-pecah dan kenyal hingga dapat digiling.

Penggunaan logam seng saat ini makin meningkat. Banyak hasil industri yang memerlukan seng baik secara sendiri-sendiri atau merupakan campuran. Sukandarrumidi (2007:105) menerangkan kegunaan seng yang spesifik adalah:

- Pelapis pelindung karat.
- Bahan selongsong elemen kering.

- c. Untuk elektroda elemen galvani.
- d. Sebagai bahan *coating* besi atau baja dengan cara mencelupkan ke dalam cairan seng yang dikenal sebagai sepuh seng.
- e. Untuk melindungi permukaan benda dengan cara disemprotkan.
- f. Sebagai bahan pembuat elemen listrik.
- g. Untuk bahan baku pembuat cat.

## 5. Baja Karbon

Menurut Nanulaitta dan Lillipaly (2012:985) ada tiga kelompok baja bila ditinjau dari jumlah kandungan karbon yang terdapat dalam strukturnya, yaitu:

- a. Baja karbon tinggi adalah baja dengan kandungan karbon 0,70% - 1,70%.
- b. Baja karbon menengah adalah baja dengan kandungan karbon 0,31% - 0,70%.
- c. Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon 0,04% - 0,30%.

Kandungan karbon di dalam struktur baja akan berpengaruh terhadap sifat mampu keras. Sifat ini dibutuhkan untuk komponen mesin yang saling bergesekan atau karena fungsinya harus mempunyai kekerasan tertentu.

## 6. Ketebalan

Ketebalan yang dimaksud adalah hasil endapan atau lapisan pada benda kerja yang *diplating*. Ketebalan lapisan pada elektroplating

dipengaruhi oleh banyak faktor seperti yang telah disampaikan sebelumnya. ASTM International mengklarifikasikan ketebalan yang seharusnya dipenuhi oleh pelapisan seng elektroplating. Tabel 2.1 memperlihatkan klasifikasi ketebalan lapisan elektroplating seng sesuai ASTM B633-85.

Tabel 2.1. Klasifikasi Ketebalan Lapisan Seng.

Classification Number and Conversion Coating Suffix	Service Condition	Thickness min, $\mu\text{m}$
Fe/Zn 25	SC 4 (very severe)	25
Fe/Zn 13	SC 3 (severe)	13
Fe/Zn 8	SC 2 (moderate)	8
Fe/Zn 5	SC 1 (mild)	5

## 7. Kekerasan

Pengujian yang sering dilakukan untuk mengetahui sifat kekerasan permukaan suatu benda adalah pengujian penekanan. Pada pengujian penekanan terdapat beberapa alat uji yang dapat digunakan, antara lain dengan alat uji Brinell, Vickers, Knoop, dan Rockwell. Penelitian ini menggunakan uji kekerasan Vickers.

Menurut Sagadevan dan Varatharajan (2013:1893), “*the Vickers hardness test method consist of indenting the test material with a diamond indenter, in the form of right pyramid with a square base and an angle  $136^\circ$  between opposite faces and subjected to a load of 1 to 100 kg*”. Memiliki pengertian bahwa uji kekerasan metode Vickers menggunakan penekan dari intan untuk menekan material atau spesimen, bagian piramida berbentuk persegi di dasarnya dan memiliki sudut  $136^\circ$



di antara permukaan piramid yang lain dan mampu memberikan beban penekanan sebesar 1 sampai 100 kg. Nilai kekerasan Vickers dapat ditentukan dengan cara beban (kg) dibagi luas permukaan persegi lekukan. Metode vickers diterangkan pada gambar 2.5.

VHN dapat ditentukan dari persamaan (3).

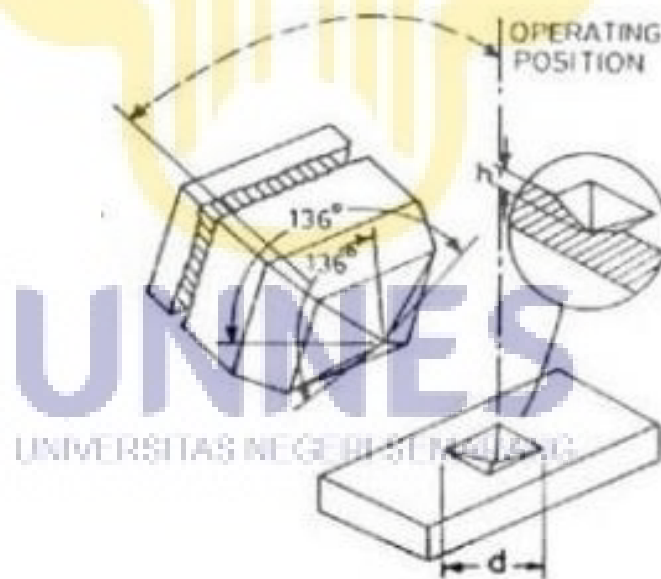
$$\text{VHN} = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} = \frac{1,854 P}{L^2} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

P = Beban yang digunakan (Kg).

L = Panjang diagonal rata-rata (mm).

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan =  $136^\circ$ .



Gambar 2.5. Metode Uji Kekerasan Vickers.

## B. Kajian Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan ketebalan dan kekerasan pelapisan seng teknik elektroplating atau penelitian lainnya yang relevan dengan penelitian ini diantaranya:

Penelitian yang dilakukan oleh Fayomi dan Popoola (2012). Peneliti melakukan penelitian untuk mengetahui sifat-sifat baja lunak yang dilapisi seng metode elektroplating. Penelitian menggunakan parameter waktu pelapisan selama 20 menit dan variasi tegangan 0,6 (spesimen 1), 0,8 (spesimen 2), dan 1,0 (spesimen 3) volt. Hasil penelitian menunjukkan adanya penambahan kekerasan spesimen 1 sebesar 25 HVN, spesimen 2 sebesar 35 HVN, dan spesimen 3 sebesar 48 HVN dari kekerasan spesimen sebelum *diplating* sebesar 60 HVN.

Penelitian yang dilakukan oleh Papoola dan Fayomi (2011). Peneliti melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh beberapa variabel dalam proses pelapisan seng pada baja karbon rendah terhadap lapisan substrat. Variasi tegangan yang digunakan adalah 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, dan 1,0 volt. Variasi jarak anoda katoda yang digunakan adalah 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. Kemudian variasi waktu yang digunakan adalah 10, 15, 20, 25, dan 30 menit serta variasi kedalaman pencelupan dari 20-50 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengaturan waktu 20 menit, jarak anoda katoda 20 cm, kedalaman pencelupan 45 cm, dan tegangan 0,8 volt memberikan hasil pelapisan terbaik.

Penelitian yang dilakukan oleh Yerikho et al. (2013). Peneliti melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh optimalisasi variasi tegangan dan waktu terhadap ketebalan dan adhesivitas lapisan pada plat baja karbon rendah dengan proses elektroplating menggunakan pelapis seng. Variasi tegangan listrik yang digunakan adalah 2, 4, 6, dan 8 volt dengan waktu pelapisan 10, 20, 30, dan 40 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai optimal untuk tegangan dan waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan seng dan adhesivitas didapat pada tegangan 6 volt dengan waktu 20 menit. Ketebalan yang dihasilkan sebesar  $7 \mu\text{m}$ .

Penelitian yang dilakukan oleh Arbintarso (2009). Peneliti melakukan penelitian untuk mengetahui perilaku korosi pada sambungan plat bodi mobil. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah berbentuk plat yang biasa digunakan pada industri karoseri mobil. Penelitian menunjukkan penurunan berat setelah direndam selama 672 jam yaitu diperoleh laju korosi plat dalam MPY (mils per year) terendah pada sambungan plat tipe lipatan yaitu 0,000806 MPY, namun secara umum masih dalam batas tahan korosi. Cat pelindung mampu menurunkan laju korosi sebesar 20%.

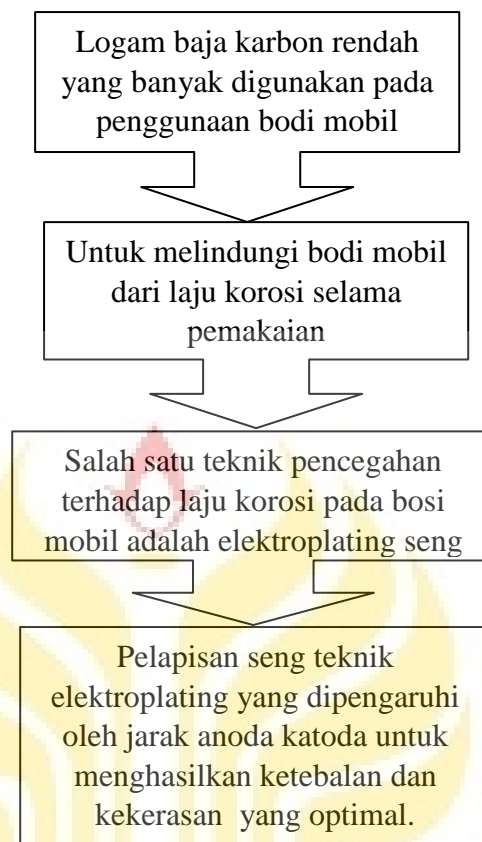
### **C. Kerangka Pikir Penelitian**

Logam baja karbon rendah banyak digunakan pada bodi mobil. Pembentukan bodi mobil (lekuan dan sambungan las) menyebabkan perubahan struktur mikro dan tegangan sisa, yang mempengaruhi sifat mekanis dan laju korosi. Laju korosi pada mobil semakin mudah terjadi

akibat kelembaban, terkena air hujan, perubahan suhu, mengelupasnya cat pelindung, dan umur pemakaian mobil. Untuk melindungi mobil terhadap laju korosi diperlukan pelapisan tambahan pada bodi mobil. Salah satu pelapisan yang dilakukan adalah elektroplating seng.

Elektroplating adalah pelapisan logam yang memanfaatkan reaksi elektrokimia atau elektrodeposisi untuk melapisi logam dengan *plating* tertentu. Salah satu pelapis yang sering digunakan adalah *plating* seng. Meskipun *plating* seng sudah lama dimulai, namun refrensi-refrensi praktik pelapisan seng masih diperlukan guna meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil elektroplating seng antara lain adalah pengaruh jarak anoda katoda. Jarak anoda katoda akan mempengaruhi ketebalan dan kekerasan lapisan seng teknik elektroplating pada baja karbon rendah. Agar mendapatkan pelapisan yang tidak terlalu tebal atau tidak terlalu tipis, dan kekerasan yang sesuai, maka pengaturan jarak anoda katoda harus tepat. Gambar 2.6 memperlihatkan alur kerangka berfikir dalam penelitian ini.



Gambar 2.6. Alur Kerangka Berfikir.

#### D. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan sementara pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating terhadap hasil ketebalan lapisan seng.
2. Bagaimanakah pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating terhadap hasil kekerasan lapisan seng.
3. Variasi pada jarak anoda katoda manakah yang terbaik dalam menghasilkan ketebalan dan kekerasan lapisan seng.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Simpulan**

Penelitian yang telah dilakukan pada spesimen berupa plat baja karbon rendah pada variasi jarak anoda katoda 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, dan 16 cm dengan menggunakan voltase sebesar 4 volt dan lama waktu pelapisan 20 menit dapat disimpulkan bahwa:

1. Diketahui pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating seng terhadap ketebalan hasil lapisan.
2. Diketahui pengaruh variasi jarak anoda katoda teknik elektroplating seng terhadap kekerasan hasil lapisan.
3. Diketahui variasi jarak anoda katoda yang dapat menghasilkan ketebalan dan kekerasan yang terbaik pada spesimen hasil uji elektroplating seng.

#### **B. Saran Pemanfaatan Hasil Penelitian**

1. Ketebalan lapisan yang tertinggi dengan pengaturan jarak anoda katoda bisa dimanfaatkan untuk keperluan pelapisan seng yang cukup tebal seperti pada logam yang mudah terkorosi.
2. Ketebalan lapisan yang paling tipis dengan pengaturan jarak anoda katoda bisa dimanfaatkan untuk keperluan pelapisan seng dekoratif.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada jarak anoda katoda yang lebih kecil, seperti 4 cm atau 6 cm.

4. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk memperoleh laju korosi hasil lapisan atau penambahan uji korosi (*salt spray*).
5. Perlu dilakukan pembatasan yang jelas bagi variabel kontrol seperti suhu dan arus.
6. Pada penelitian elektroplating selanjutnya sebaiknya menggunakan variasi yang lebih banyak, seperti variasi voltase, waktu, suhu, dan komposisi larutan.
7. Guna menghasilkan hasil lapisan yang merata, bisa dilakukan pengadukan atau pemberian pompa selama proses elektroplating berlangsung.
8. Pada pengujian kekerasan lapisan elektroplating, sebaiknya menggunakan uji knoop.

### Daftar Pustaka

- Arbintarso. 2009. Perilaku Korosi Pada Sambungan Plat Pembentuk Bodi Mobil. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 2/1: 58 - 66.
- Ashley. 2013. Flu Season is Here...It's Time to Think Zinc. Online at <http://chemforeveryone.blog.sbc.edu/2013/01/20/flu-season-is-here-its-time-to-think-zinc/> [accessed 29/12/15].
- ASTM Internasional. 2007. Standart Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc on Iron and Steel. West Conshohocken: 100 Barr Harbor Drive.
- ASTM International. 2000. Standart Test Method For Microindentation Hardness Of Material. West Conshohocken: 100 Barr Harbor Drive.
- Basmal et al. 2012. Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan. *Rotasi*. 14/2: 23 - 28.
- Bishop, O. 2002. *Dasar-Dasar Elektronika*. Translated by Harmein, I. 2004. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Fayomi, O.S.I. dan Popoola, A.P.I. 2012. An Investigation Properties of Zn Coated Mild Steel. *International Journal Of Electrochemical Science*. 7: 6555 - 6570.
- Hartomo, A.J. dan Kaneko, T. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Iqbal, S.A. dan Zaafrani, I. 2011. *Textbook of Electrochemistry*. New Delhi: Discovery Publishing House PVT.LTD.
- Nanulaitta, N.J.M. dan Lillipaly, E.R.M.A.P. 2012. Analisa Sifat Kekerasan Baja St-42 dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi (CaCO<sub>3</sub>)) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing). *Jurnal Teknologi*. 9/1: 985 - 994.
- Popoola, A.P.I. dan Fayomi, O.S.I. 2011. Effect of Some Process Variable on Zinc Coated Low Carbon Steel Substrates. *Scientific Research and Essays*. 6/20: 4264 - 4272.



- PT. Toyota-Astra Motor. 1995. *New Step 1 Training Manual*. Technical Service Division.
- Sagadevan, S. dan Varatharajan, R. 2013. Studies on the Mechanical Properties of Glycine Lithium Chloride NLO Single Crystal. *International Journal of Physical Sciences*. 8/39: 1892 - 1897.
- Shah, K.P. (nd) Hardness Testing. Online at <http://practicalmaintenance.net/?p=928> [accessed 29/12/15].
- 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.
- Sukandarrumidi. 2007. *Geologi Mineral Logam*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sutomo et al. 2010. Pengaruh Arus dan Waktu Pada Pelapisan Nikel dengan Elektroplating Untuk Bentuk Plat. *Metana*. 6/2: 12 - 20.
- Yerikho et al. 2013. Optimalisasi Variasi Tegangan dan Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhevisitas Lapisan Pada Plat Baja Karbon Rendah dengan Proses Elektroplating Menggunakan Pelapisan Seng. *MEKANIKA*. 11/2: 62 - 68.