



**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**JUDUL**

**HUBUNGAN ANTARA MASSA ZAT  
YANG TERBENTUK DENGAN WAKTU  
DALAM PROSES ELEKTROPLATING**

**OLEH  
TIM PENELITI**

**UNIT:  
POLITEKNIK**

**1994**

---

**DIBIYAI OLEH DIP PROYEK OPERASI DAN PERAWATAN FASILITAS  
UNIVERSITAS DIPONEGORO NOMOR : 172A/PT09.OP/A/1993  
TANGGAL 2 AGUSTUS 1993**

## LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

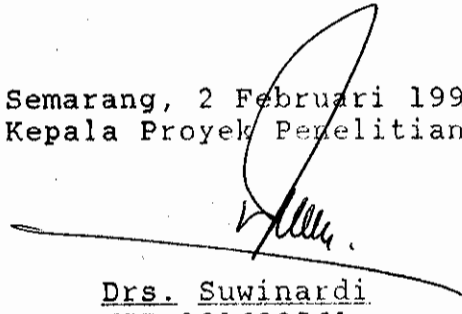
1. a. Judul Penelitian : Hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating.  
b. Macam Penelitian : Dasar  
c. Kategori Penelitian : I
2. Kepala Proyek Penelitian :  
a. Nama Lengkap : Drs. Suwinardi  
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki  
c. Pangkat/Gol/NIP : Penata Muda Tk I/IIIb/131630561  
d. Jabatan Sekarang : Asisten Ahli  
e. Fakultas /Jurusan : Politeknik /Elektro  
f. Universitas : Diponegoro  
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Teknik
3. Jumlah Tim Peneliti : 5 (Lima) Orang
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Kimia Politeknik
5. Jangka Waktu Penelitian : 6 (Enam) bulan
6. Biaya Yang Diperlukan : Rp 1500.000,-  
Satu Juta Lima Ratus Ribu Rupiah
7. Dibiayai Melalui Proyek : Operasi Perawatan dan Fasilitas Universitas Diponegoro.

Diponegoro Tahun 1993/1994.



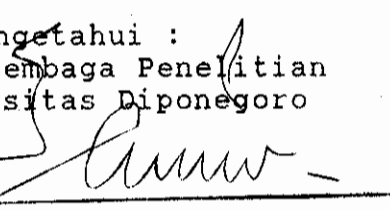
Mengetahui :  
Direktur Politeknik  
Universitas Diponegoro  
Herlin Soemardjo  
NIP. 130354861

Semarang, 2 Februari 1994  
Kepala Proyek Penelitian

  
Drs. Suwinardi  
NIP 131630561



Mengetahui :  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Diponegoro

  
Dr. R. Boedhi Darmodjo  
NIP. 130431357

## KATA PENGANTAR

Dalam rangka pelaksanaan Tri Darma Perguruan Tinggi, dimana salah satunya adalah penelitian, maka tim peneliti melaksanakan kegiatan penelitian ini, dengan judul "Hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating".

Tujuan dari proses elektroplating, untuk melindungi logam yang mudah berkarat dengan logam yang tahan terhadap karat. Sehingga dalam perkembangan penggunaan bahan dan alat pada bidang teknik proses elektroplating sangatlah membantu, yang akhirnya diperoleh bahan dan alat yang tahan terhadap karat.

Selanjutnya tim peneliti memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmatNya, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sesuai dengan rencana.

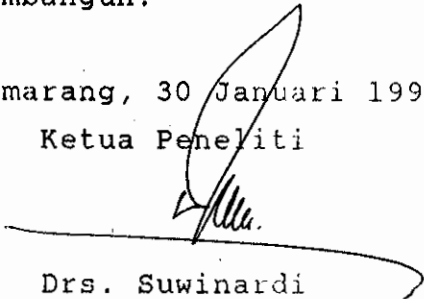
Selesainya penelitian ini adalah berkat kerja sama dan bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini, tim peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Prof.dr.R.Boedhi Darmojo, Ketua Lembaga Penelitian Undip yang telah memberi kesempatan dan fasilitas pada tim peneliti.
2. Bapak Ir. Marimin Soemardjo, Direktur Politeknik Undip, atas perkenannya menyetujui proposal penelitian ini.
3. Semua pihak yang telah membantu kegiatan penelitian ini.

Semoga penelitian ini bermanfaat, dengan tetap membuka diri terhadap kritik dan saran yang membangun.

Semarang, 30 Januari 1994

Ketua Peneliti



Drs. Suwinardi

## RINGKASAN

Elektroplating adalah proses pelapisan logam dengan logam lain secara elektrolisa. Tujuannya untuk melindungi logam yang mudah rusak karena udara (korosi) dengan logam yang lebih tahan karat.

Menurut hukum Faraday, massa zat yang terbentuk selama elektrolisa berbanding lurus dengan jumlah listrik yang mengalir. Pengertian jumlah listrik yang mengalir dalam hukum Faraday tersebut sama dengan coulomb/96500, yaitu besarnya arus yang mengalir dalam amper dikalikan dengan waktu dalam detik dibagi 96500. Dari pengertian di atas timbul suatu permasalahan sebagai berikut :

Apakah ada hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating ?

Bagaimana hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating ?

Tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui bagaimana hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating, menerapkan hukum Faraday dalam proses elektroplating, memperoleh pengalaman langsung tentang pelapisan suatu logam dengan logam lain.

Metode penelitian yang dipergunakan adalah metode eksperimen dengan analisa statistik inferensi. Data diambil dari hasil pengukuran percobaan di laboratorium, dengan 10 kali percobaan. Data yang telah diperoleh dari pengukuran tersebut dianalisa untuk melihat korelasinya, dengan formula distribusi sampling  $r$ , dan uji hipotesa menggunakan distribusi sampling  $t$  dengan taraf kepercayaan 95 %. Sedangkan untuk mengetahui bagaimana

hubungannya antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating menggunakan persamaan regresi  $Y = a + b X$ .

Dari analisa data yang dilakukan diperoleh hasil  $r = 0,998865$ ,  $t = 59,32983$ , dan persamaan regresi  $Y = 0,01456 + 0,00010 X$  untuk arus 1 amper. Sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

- o Ada hubungan yang positif antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating.
- o Bila X adalah waktu dalam detik dan Y adalah massa zat yang terbentuk dalam gram, maka persamaan regresi dari hubungan massa zat dengan waktu, dimana menggunakan arus 1 A adalah  $Y = 0,01456 + 0,00010 X$ .
- o Makin lama waktu yang dipergunakan untuk elektroplating, maka semakin banyak zat yang melapis.

Adapun saran-saran yang diberikan oleh tim peneliti sebagai berikut :

- o Untuk memperpendek waktu dalam proses elektroplating, pergunkanlah sumber arus yang menghasilkan kuat arus yang besar.
- o Untuk memperoleh hasil yang baik dalam proses elektroplating jangan menggunakan  $CuSO_4$  teknis, tetapi gunakanlah  $CuSO_4$  murni.
- o Pembersihan bahan yang akan dilapisi harus benar-benar bersih supaya tidak mudah mengelupas.

## SUMMARY

Electroplating is a process of metal lining by electrolysis. It is used to protect corrodable metal with uncorrodable metal.

According to Faraday law, the mass of matter which is formed during the electrolysis process is proportional to the total electricity in coulomb/96500. That is total current flow in ampere multiplied by the period in second and divided by 96500. From the above explanation, there are problems as follow :

Is there correlation between the mass of matter and the period in the process of electroplating ?

How is the correlation between the mass of matter which is formed and the period in the process of electroplating ?

The purpose of this research to know the relationship between the mass of matter which is formed and the period in the process of electroplating, to apply Faraday law in the process of electroplating, to have direct experience in processing metal lining.

Research method which is used is experimental method with inferency statistic analysis. The data are taken from result of measurement of ten times experiment in the laboratory. The data are analyzed to know their correlation, by using sampling distribution formula  $r$ , and for testing the hypothesis sampling distribution  $t$  is used with significance 95 % and than to know the correlation between mass of matter and period in the process of electroplating, regrecy equation  $Y = a + b X$  is used.

From analyzing the data the result are :  $r = 0,998865$  ,  
 $t = 59,32983$ , and the regrecy equation  $Y = 0,01456 + 0,00010 X$

for current 1 ampere. Therefore it could be concluded as follow :

There is positive correlation between mass of the matter which is formed with the period in the process of electroplating.

When X is period in second and Y is mass of matter which is formed in gram, this the regrecy equation of correlation between mass of matter and period is  $Y = 0,01456 + 0,00010 X$ .

The longer the time used in the process of electroplating so there is more mass of matter which is formed in metal lining.

And finally the suggestions which are givend by the reserlitan are :

To shorten the period in the process of electroplating, current source which is produced high current flow must be used.

To get a good result in the process of electroplating, do not use technic  $CuSO_4$ , but use pure  $CuSO_4$ .

To fasten the result of metal lining, the metal must be cleaned as cleare as possible.

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....	i
RINGKASAN .....	ii
SUMMARY .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	'
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	1
1.3 Hipotesa .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Elektrolisa .....	3
2.2 Potensial Elektroda .....	7
2.3 Hukum Faraday .....	12
2.4 Korosi .....	13
2.5 Elektroplating .....	16
3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	19
3.1 Tujuan Penelitian .....	19
3.2 Manfaat Penelitian .....	19
4. METODE PENELITIAN .....	20
4.1 Objek Penelitian .....	20
4.2 Metode Pengukuran .....	20
4.3 Alat dan bahan yang digunakan .....	20
4.4 Prosedur Pengujian .....	22



5. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
5.1 Data Pengukuran .....	25
5.2 Pembahasan Hasil Pengujian .....	25
6. KESIMPULAN DAN SARAN .....	31
6.1 Kesimpulan .....	31
6.2 Saran .....	31
DAFTAR PUSTAKA .....	33
LAMPIRAN .....	34

## DAFTAR GAMBAR

---

No.	Judul Gambar	Halaman
1.	Potensial Sel	11
2.	Proteksi Katoda	15
3.	Pelapisan Fe dengan Cu	17
4.	Rangkaian Pengujian	24

---

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, berpengaruh juga pada perkembangan penggunaan bahan dan alat di bidang teknik. Khususnya bahan dan alat yang berasal dari logam.

Pada umumnya logam, khususnya besi mudah berkarat atau korosi. Sehingga perlu penanganan awal untuk mencegah korosi atau karat dan membuat logam menjadi lebih menarik serta mengkilat dengan cara elektroplating.

Elektroplating adalah proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara elektrolisa. Sedangkan tujuannya untuk melindungi logam yang mudah rusak karena udara (korosi) dengan logam yang lebih tahan karat.

Menurut hukum Faraday I :

Massa zat yang terbentuk selama elektrolisa berbanding lurus dengan jumlah listrik yang mengalir.

Menurut hukum Faraday II :

Massa beberapa zat yang terbentuk oleh jumlah listrik yang sama akan berbanding lurus dengan berat setara zat-zat tersebut.

### 1.2 Perumusan Masalah.

Pengertian jumlah listrik yang mengalir dalam hukum Faraday sama dengan coulomb/96500 yaitu besarnya arus yang mengalir dalam ampere dikalikan dengan waktu dalam detik

dibagi 96500. Sehingga rumusan masalahnya adalah :  
Apakah ada hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating ?

Bagaimana hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating ?

### 1.3 Hipotesa.

Ho : Tidak terdapat hubungan secara regresi antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating.

H1 : Terdapat hubungan secara regresi antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian.

Dalam penelitian ini dibatasi khusus elektroplating besi dengan tembaga (pelapisan Fe dengan Cu) dengan elektrolit  $\text{CuSO}_4$ .

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Elektrolisa

Dasar dalam proses elektroplating (penyepuhan) adalah elektrolisa. Karena elektroplating adalah proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara elektrolisa.

Elektrolisa adalah proses reaksi kimia bila aliran listrik searah (DC) melalui larutan elektrolit. Sedangkan larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Contohnya :  $H_2SO_4$ ,  $NaOH$ ,  $CuSO_4$ .

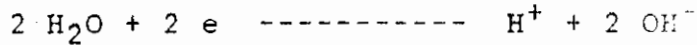
Dalam elektrolisa digunakan elektroda yang terbuat dari logam atau karbon tergantung dari kebutuhan. Ada elektroda positif yang disebut Anoda dan elektroda negatif disebut katoda. Sebagai sumber tenaga diambil dari arus listrik searah (DC) yang berasal dari elemen-elemen elektrokimia seperti batere, akumulator dan generator arus searah, serta sumber lainnya.

Dalam elektrolisa, molekul-molekul dari elektrolit akan terurai menjadi ion-ion positif (kation) dan ion-ion negatif (anion). Kation akan bergerak menuju katoda dan anion akan bergerak menuju ke anoda. Dengan peristiwa demikianlah, maka arus listrik dapat mengalir dalam elektrolit.

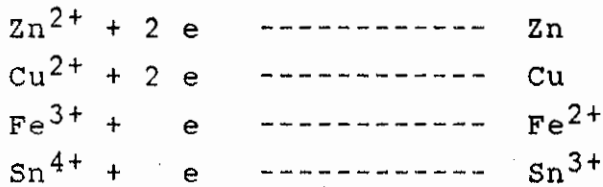
Ketentuan pada elektrolisa.

Pada Katoda :

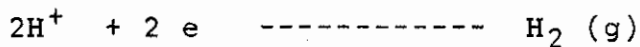
1. Ion logam positif (dari  $K^+$  s/d  $Al^{3+}$ ) sebelah kiri H dari deret volta akan terjadi netralisasi ion  $H^+$  dari  $H_2O$ .



2. Ion logam positif (dari  $\text{Zn}^{2+}$  s/d  $\text{Pb}^{2+}$ ) sebelah kiri H dari deret Volta akan terjadi netralisasi muatan dari ion logamnya dengan pembatasan bahwa ion-ion Ferri dan Stani direduksi hanya sampai ion-ion Ferro dan Stano saja.



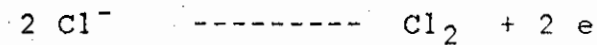
3.  $\text{H}^+$  dari asam :



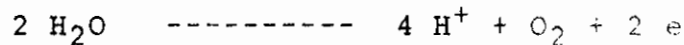
Pada Anoda :

1. Dengan anoda inert : C, Pt atau Au

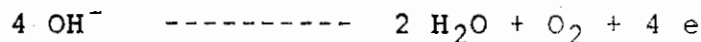
a. Ion negatif tidak berisi oksigen seperti  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , terjadi netralisasi muatan dari ion-ion itu.



b. Ion negatif berisi oksigen seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3$  dan lain-lain, maka terjadi netralisasi muatan  $\text{H}^+$  dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

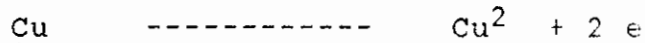
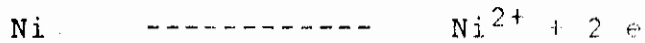


c.  $\text{OH}^-$  dari basa :



2. Dengan anoda tidak inert.

Anodanya mengalami oksidasi sehingga lama-kelamaan habis atau tertutup oleh suatu senyawa yang sukar larut.

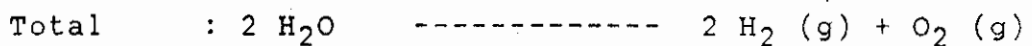
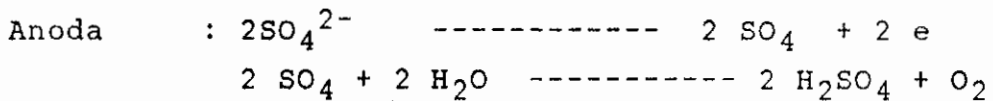
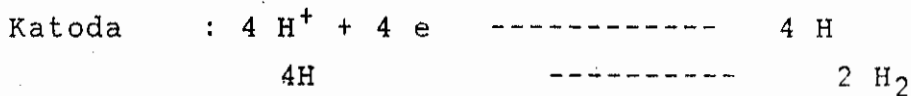
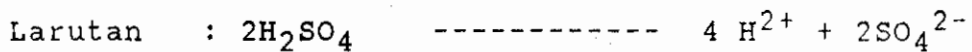


Adapun deret Volta adalah sebagai berikut :

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Sb-Bi-Cu-Hg-Ag-Pt-Au.

### Contoh-contoh Reaksi Elektrolisa

#### 1. Elektrolisa larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ dengan elektroda Pt

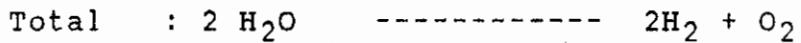
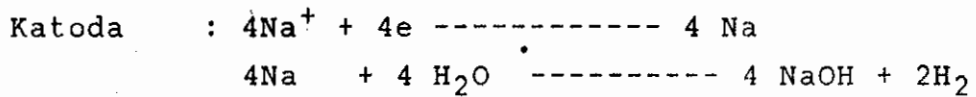


Karena sebelah kiri dan kanan tanda panah terdapat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang sama banyaknya, maka hasil akhir elektrolisa ialah penguraian  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi gas-gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

Elektrolisa larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tersebut adalah salah satu cara pembuatan gas-gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$  dalam teknik.

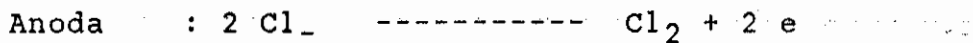
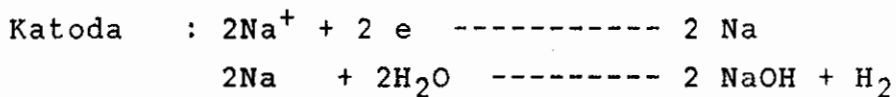
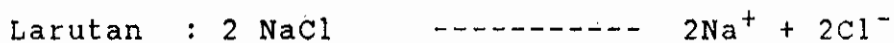
#### 2. Elektrolisa larutan NaOH dengan elektroda Pt.



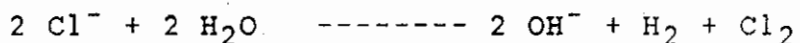


Pada katoda  $\text{Na}^+$  mengambil elektron menjadi Na. Na sangat reaktif sehingga bereaksi dengan air membentuk NaOH dan gas  $\text{H}_2$

### 3. Elektrolisa larutan NaCl dengan elektroda Pt



Reaksi di atas menggunakan diafragma. Ternyata pada katoda terbentuk NaOH dan  $\text{H}_2$ , sedang pada anoda  $\text{Cl}_2$ . Bila reaksi di atas ditulis dengan menggunakan persamaan ion, maka diperoleh hasil sebagai berikut :



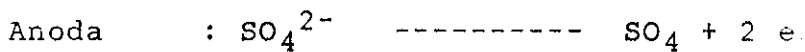
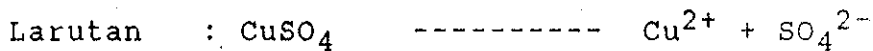
Yang dimaksud dengan diafragma adalah :

Suatu dinding berpori yang memisahkan ruang katoda dan anoda sehingga zat-zat yang terbentuk di dalamnya tak



dapat bercampur.

#### 4. Elektrolisa $\text{CuSO}_4$ dengan elektroda Cu



Reaksi pada katoda :

Ion  $\text{Cu}^{2+}$  bergerak ke katoda menjadi Cu. Logam ini menempel pada katoda.

Reaksi pada anoda :

Ion  $\text{SO}_4^{2-}$  bergerak ke anoda menjadi  $\text{SO}_4$  dan melepaskan elektronnya. Karena Cu reaktif maka bereaksi dengan  $\text{SO}_4$  membentuk  $\text{CuSO}_4$  kembali. Jadi berat anoda berkurang dan pengurangan beratnya sama dengan berat Cu yang mengendap pada katoda. Maka dapat disimpulkan, konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  dalam larutan tetap selama masih ada anoda. Jadi seolah-olah Cu pada anoda pindah ke katoda. Prinsip ini digunakan pada pelapisan logam secara listrik.

## 2.2 Potensial Elektroda.

### 2.2.1 Potensial Standart.

Suatu sel disebut ada dalam keadaan standart bila tiap zat yang terlibat ada dalam keadaan standar dengan keaktifan satu. Keaktifan bagi larutan, dapat diambil konsentrasinya

1 M (mol/l). Sedangkan bagi gas dalam keadaan standart adalah gas bertekanan 1 atmosfer. Sedangkan cairan dan padatan yang murni dianggap mempunyai kepadatan satu.

Potensial dari sel dalam keadaan standart disebut sebagai potensial standart sel, dengan simbol  $E^{\circ}$  sel dan perubahan energi bebasnya adalah :

$$G = - n F E^{\circ} \text{ sel}$$

n adalah jumlah elektron

F adalah konstanta Faraday

Potensial suatu sel adalah selisih potensial antara kedua kutub, sebagai akibat reaksi yang berlangsung di kedua setengah sel. Karena tiap kutub terkait dengan setengah sel, maka suatu setengah sel yang mengandung pasangan redoks tertentu disebut sebagai suatu elektroda dan setiap elektroda berkaitan dengan setengah reaksi.

Tiap elektroda mempunyai harga potensial tertentu, yang disebut potensial elektroda dan harganya sedemikian rupa, sehingga bila dua elektroda membentuk satu sel, maka potensial yang diamati merupakan selisih antara kedua potensial elektroda.

Karena yang dapat diukur secara langsung hanyalah selisih antara dua potensial elektroda, maka harga dari potensial elektroda itu diperlukan untuk membandingkan kekuatan reduksi atau oksidasi berbagai setengah reaksi disamping juga untuk meramalkan besar potensial sel suatu reaksi redoks, oleh karena itu harga potensial elektroda harus ditentukan melalui perjanjian.

o Elektroda dikaitkan dengan setengah reaksi reduksi, sesuai dengan saran dari IUPAC.

o Potensial dari elektroda hidrogen standart adalah nol volt.

Dengan menggunakan perjanjian di atas, maka potensial dari elektroda-elktroda lain dapat ditentukan dengan memasangkannya terhadap elektroda hidrogen dalam suatu sel galvani dan mengukur potensialnya.

Jika reaksi sel yang spontan terjadi dengan elektroda hidrogen standart sebagai katoda, maka potensial elektroda yang lain adalah lebih negatip dari elektroda hidrogen standart sebagai anoda, maka elektroda yang lain itu berpotensi  $E^{\circ}$  sel lebih positip daripada elektroda hidrogen standart.

Contoh :

Diambil elektroda  $Zn^{2+} - Zn$  standart. Bila disusun menjadi sel dengan elektroda hidrogen standart, maka reaksi sel yang spontan terjadi bila elektroda hidrogen bertindak sebagai katoda.

Reaksi sel :  $Zn \quad Zn^{2+} (1M) \quad H^+ \quad H_2 (1atm) \quad Pt$

Berarti potensial elektroda  $Zn^{2+} - Zn$  lebih negatip daripada potensial elektroda hidrogen standart. Jadi potensial elektroda standart  $Zn^{2+} - Zn = -0,76$  volt (dari pengukuran).

Jika dua elektroda dipasangkan membentuk suatu sel, maka potensial dari sel sama dengan selisih antara potensial dari elektroda yang berperan sebagai katodaa dengan yang berperan sebagai anoda, yaitu :

$$\begin{aligned} E^{\circ} \text{ sel} &= E^{\circ} \text{ katoda} - E^{\circ} \text{ anoda} \\ &= E^{\circ} \text{ reduksi} - E^{\circ} \text{ oksidasi} \end{aligned}$$

Contoh :

Elektroda-elektroda standart  $Zn^{2+} - Zn$  dan  $Cu^{2+} - Cu$  dipasangkan membentuk sel :

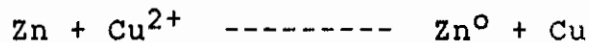


diketahui :  $Cu^{2+} - Cu = + 0,34$  volt

$Zn^{2+} - Zn = - 0,76$  volt

$$\begin{aligned} E^{\circ} \text{ sel} &= E^{\circ} \text{ reduksi} - E^{\circ} \text{ oksidasi} \\ &= 0,34 - (-0,76) = 1,1 \text{ volt} \end{aligned}$$

harga positif dari potensial sel menunjukkan bahwa reaksi :



akan berlangsung spontan.

Menurut termodinamika, suatu reaksi yang spontan hanya akan berlangsung bila reaksi itu disertai dengan penurunan energi bebas Gibbs, yaitu  $\Delta G$  yang negatif. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan oleh sel Galvani / sel Volta adalah sama dengan pengurangan energi bebas :

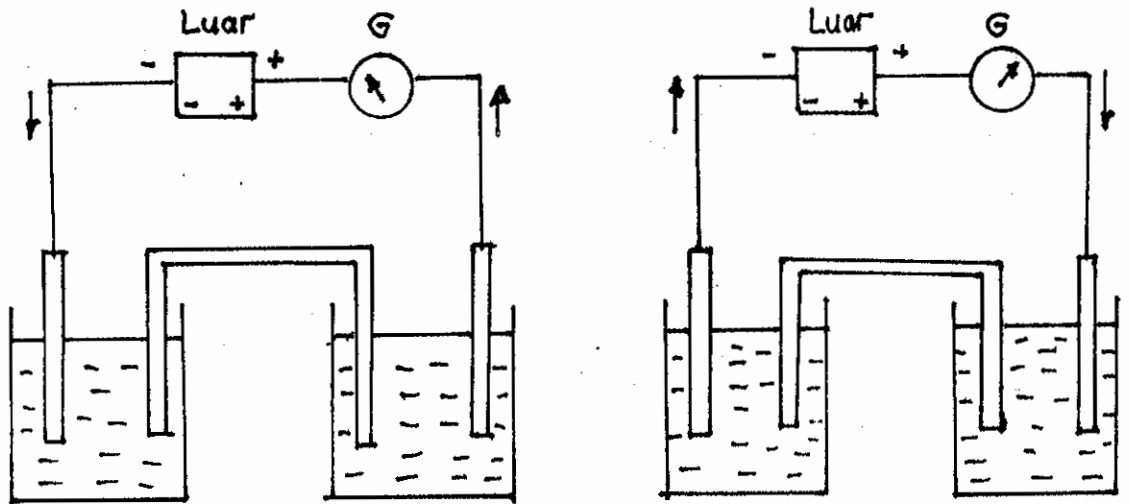
$$\Delta G^{\circ} = -nF E^{\circ} \text{ sel}$$

Dapat dilihat di atas bahwa harga  $\Delta G$  negatif, berarti reaksi berlangsung spontan. Ini berarti juga bahwa suatu reaksi redoks yang mempunyai DGL sel ( $E^{\circ}$ ) positif akan berlangsung spontan.

Potensial suatu sel diukur pada keadaan reaksi yang reversibel yang dicapai bila arus elektron dari anoda ke katoda sekecil mungkin bahkan nol.

Terdapat berbagai cara pengukuran yang memenuhi persyaratan tersebut. Dalam cara ini, suatu sumber potensial luar yang besarnya dapat diatur serta dengan arah berbeda dengan potensial sel yang dihubungkan pada sel.

Bila harga potensial luar lebih dari potensial sel, maka arus elektron dalam rangkaian luar adalah dari kanan ke kiri. Sebaliknya, bila potensial luar lebih kecil dari  $E$  sel, maka arus mengalir dari kiri ke kanan. Karena itu akan ada suatu harga  $E$  luar, dimana tidak ada arus dalam rangkaian dan harga  $E$  luar akan sama dengan  $E$  sel.



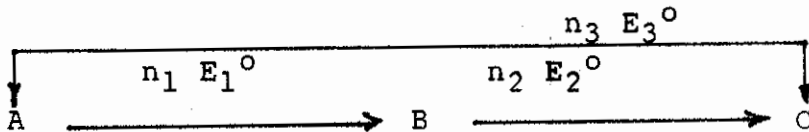
Gambar 1. Potensial sel

Cara lain yang lebih praktis, meskipun tak seteliti cara potensiometri adalah pengukuran langsung dengan menggunakan voltmeter tabung vakum. Berbeda dengan voltmeter biasa yang pada pengukuran tegangan masih melewati arus yang relatif agak besar, sehingga pengukuran tidak dapat dilakukan secara reversibel dan hasil pengukuran dapat tidak menghasilkan  $E$  sel sebenarnya, maka voltmeter tabung hampir

tidak memerlukan arus. Dengan demikian pengukuran dapat dilakukan sangat dekat dengan keadaan reversibel dan hasil pengukuran akan sangat mendekati E sel yang sebenarnya.

## 2.2 Diagram Lattimer

Bentuk umum :



Berlaku hubungan :  $n_3 E_3^0 = n_1 E_1^0 + n_2 E_2^0$

Berlaku hubungan :  $E_3^0 = \frac{n_1 E_1 + n_2 E_2}{n_3}$

## 2.3 Hukum Faraday

Menurut hukum Faraday I :

Massa zat yang terbentuk selama elektrolisa berbanding lurus dengan jumlah listrik yang mengalir.

Menurut hukum Faraday II :

Massa beberapa zat yang terbentuk oleh jumlah listrik yang sama akan berbanding lurus dengan berat setara zat-zat tersebut.

Dari kedua hukum Faraday yang terkenal itu dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

Jumlah mol zat yang dioksidasi atau direduksi pada suatu elektroda sama dengan jumlah mol elektron yang melalui elektroda tersebut, dibagi dengan jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi pada elektroda untuk setiap ion atau molekul zat.

Muatan dari satu mol elektron :  
 $(6,023 \times 10^{23} \text{ mol}) (1,602 \times 10^{-19} \text{ coulomb}) =$   
 96.490 coulomb/mol

Besaran ini disebut tetapan Faraday dan biasanya dibulatkan menjadi 96500 coulomb/mol. Proses reaksi pada elektroda dapat melibatkan lebih dari satu mol elektron.

Perubahan massa zat yang terjadi dapat diungkapkan dengan rumus :

$$M = Q A/n 1/F$$

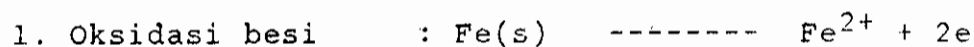
Dimana : M = massa yang dinyatakan dalam gram  
 Q = jumlah muatan listrik dalam coulomb  
 A/n = berat ekuivalen  
 A = massa atom  
 n = perubahan bilangan oksidasi  
 F = tetapan Faraday

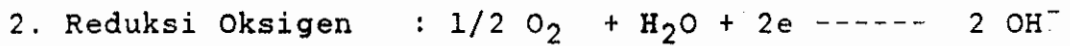
Dari persamaan di atas terlihat bahwa satu faraday adalah jumlah muatan listrik yang diperlukan untuk perubahan zat sebanyak satu ekuivalen zat pada elektroda.

#### 2.4 Korosi

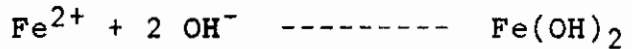
Korosi atau perkaratan adalah suatu gejala dimana benda-benda dari logam, khususnya besi yang dibiarkan di udara mengalami peristiwa oksidasi yaitu terjadi pembentukan bercak-bercak dipermukaannya.

Mekanisme proses korosi dapat ditulis sebagai berikut :

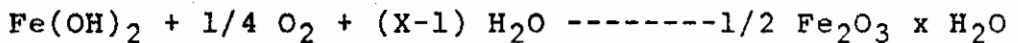




3. Pengendapan besi hidroksida :



4. Pembentukan karat :



Dari reaksi di atas terlihat bahwa adanya air akan mempercepat terjadinya korosi pada besi. Proses korosi ini dapat dipercepat dalam lingkungan air asin, asam dan lain-lain.

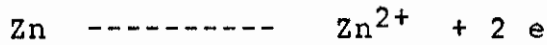
Dilain pihak, reaksi (2) sulit berlangsung pada suatu permukaan yang licin dan bersih disebabkan oleh adanya over voltage (potensial lebih). Dengan kata lain, hanya terjadi pada bagian yang tidak murni atau bagian yang cacat di permukaan besi.

Salah satu cara pencegahan korosi adalah dengan proteksi katodik. Biasanya cara ini dilakukan terhadap benda-benda yang karena fungsinya harus ditanam di tanah atau dipasang di dalam air laut, misalnya : pipa baja atau tiang-tiang pancang pada pelabuhan.

Caranya adalah :

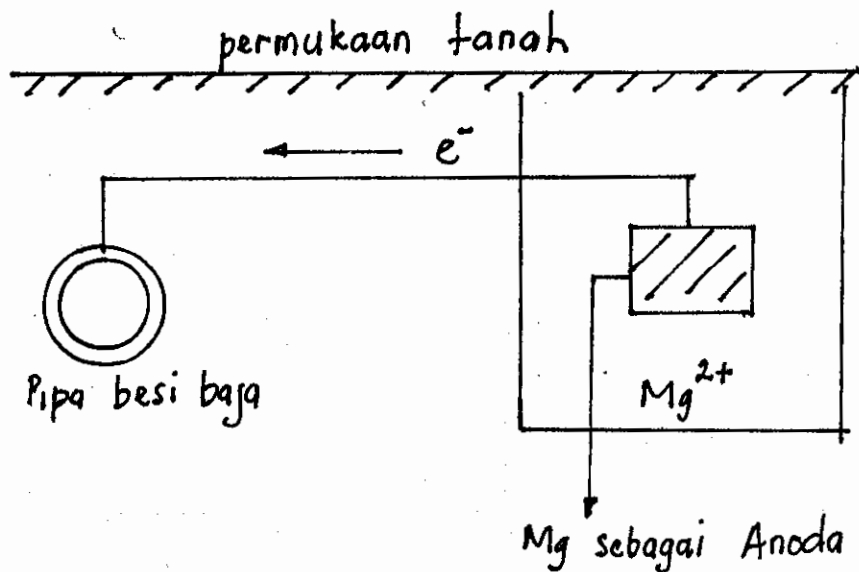
Memasukkan suatu logam yang mempunyai potensial elektroda lebih neegatip (yang mempunyai sifat elektropositip lebih kuat dari pada besi), misalnya seng atau megnesium ke dalam tanah, logam tersebut ditanam dekat pipa besi. Kemudian keduanya dihubungkan, karena potensial logam tersebut lebih negatip, maka seng (magnesium) akan berperan sebagai anoda dan mengalami reaksi :





Jadi Zn mudah melepaskan elektron, sedangkan besi berfungsi sebagai katoda.

Untuk menjadikan besi sebagai katoda dapat pula dipergunakan elektrolisa dengan pasok listrik dari sumber listrik luar, seperti baterai, generator atau sumber listrik lain.



Gambar 2 : Proteksi Katoda

Elektron mengalir dari anoda ke benda yang akan dilindungi terhadap korosi, sehingga benda itu menjadi katoda. Ion positif mengalir dari anoda melalui elektrolit (dalam hal ini tanah) ke benda yang akan dilindungi, sehingga melengkapi rangkaian listrik. Adanya oksigen dan kelembaban udara akan menyebabkan seng tersebut habis, sedangkan besi

terlindung dari proses korosi.

Ini adalah salah satu alasan, mengapa pipa serta lembaran besi dilapisi seng (galvani seng) sebagai pencegah karat. Karena disamping sebagai pencegahan langsung dalam bentuk lapisan di permukaan masif, juga dapat berperan sebagai pelindung secara katoda bila lapisan tergores.

Beberapa cara untuk mengurangi laju korosi :

1. Mengontrol atmosfer, dengan cara mengurangi konsentrasi  $O_2$  dan  $H_2$  pada permukaan besi.
2. Mencat
3. Melapisi dengan minyak/gemuk
4. Galvaniser (melapisi besi dengan seng)
5. Elektroplating (melapisi) dengan nikel dan chrommium.
6. Sherardizing dengan  $PO_4^{3-}$  ( $PO_4^{3-}$  yang diabsorpsi menutupi permukaan besi)
7. Elektrolyzing dengan menggunakan batang Al atau Mg.
8. Mengontrol keasaman.

## 2.5 Elektroplating.

Elektroplating adalah proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara elektrolisa.

Tujuannya adalah untuk melindungi logam yang mudah rusak karena udara (korosi) dengan logam lebih tahan.

Prinsip proses elektrolisa :

- katoda menggunakan logam yang akan dilapisi.
- anoda menggunakan logam yang untuk melapisi.
- larutan elektrolit menggunakan garam dari anodanya.

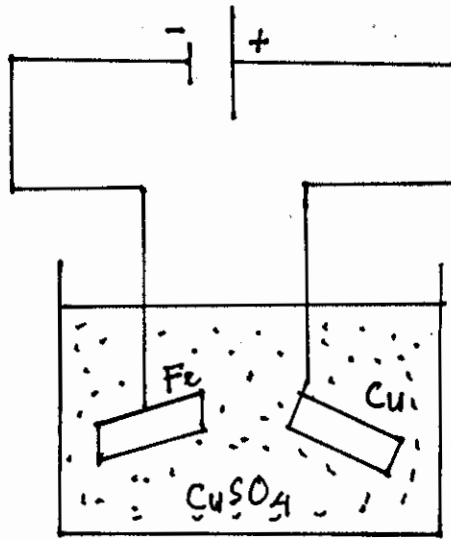
Contoh : melapisi besi dengan tembaga

Keterangan :

Katoda : Fe

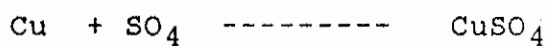
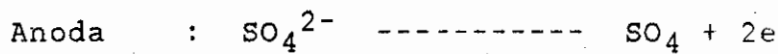
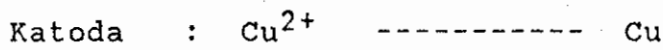
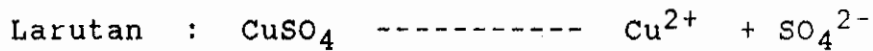
Anoda : Cu

Elektrolit :  $\text{CuSO}_4$



Gambar 3 : Pelapisan Fe dengan Cu

Reaksi yang terjadi :



Jika dilihat sepintas lalu, larutan awal tidak mengalami perubahan apapun selama proses elektroplating berlangsung, tetapi sebenarnya anoda Cu terus menerus melarut dan katoda terus menerus terlapisi Cu.

### 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.

#### 3.1 Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating.
2. Menerapkan hukum Faraday dalam proses elektroplating.
3. Memperoleh pengalaman langsung tentang pelapisan suatu logam dengan logam lain.

#### 3.2 Manfaat Penelitian.

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Kita memiliki data empiris tentang hubungan antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating, sehingga dapat memberikan informasi kepada para teknisi yang akan melakukan proses elektroplating.
2. Dapat memberikan informasi praktis tentang cara elektroplating, sehingga dapat diperoleh hasil yang maksimum dan berguna untuk pengembangan penanganan bahan dan alat selanjutnya.

#### 4. METODE PENELITIAN.

##### 4.1 Objek Penelitian.

Sesuai dengan judul dan penjelasannya objek penelitian ini adalah pelapisan besi (Fe) dengan Cu menggunakan larutan  $\text{CuSO}_4$  dalam perubahan waktu tertentu.

##### 4.2 Metode Pengukuran.

Untuk mengukur massa zat yang terbentuk dalam proses elektroplating dipergunakan timbangan neraca yang tersedia di laboratorium kimia. Sedangkan untuk mengukur waktu dipergunakan stop clock yang tersedia di laboratorium kimia Politeknik Undip.

Metode yang dipergunakan adalah mengukur massa zat yang terbentuk dengan cara :

Massa zat yang terbentuk = massa benda setelah dielektroplating - massa benda sebelum dielektroplating.

Semua dilakukan dalam satuan waktu yang tertentu.

##### 4.3 Alat dan bahan yang digunakan.

###### 4.3.1 Alat-alat yang digunakan.

Alat-alat yang digunakan dalam proses elektroplating, antara lain :

1. Sarung tangan karet/plastik
2. Sikat kawat halus
3. Amplas besi halus
4. Tempat plastik/kaca
5. Pengaduk

6. Tali plastik
7. Kompor/pemanas ✓
8. Penggantung PVC/kayu
9. Termometer
10. Elektrochemistry kit beserta elektroda Cu
11. Trasformer
12. Ampermeter ✓
13. Multimeter
14. Rectifier elements
15. Sto clock ✓
16. Neraca ✓
17. Corong
18. Gelas arloji ✓
19. Gelas ukur ✓
20. Sendok
21. Erlemeyer ✓

#### 4.3.2 Bahan-bahan yang digunakan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses elektroplating, antara lain :

1. Benda-benda yang akan dilapisi terbuat dari besi. ✓
2. Karbon tetra klorida ( $\text{CCl}_4$ ) ✓
3. Air suling ✓
4. Sodium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) ✓
5. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ✓
6. Asam klorida ( $\text{HCl}$ ) ✓
7. Deterjen
8. Kupri sulfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ✓
10. Natrium pospat ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) ✓

#### 4.4 Prosedur Pengujian.

##### 4.4.1 Persiapan pengujian.

Langkah yang dilakukan sebelum elektroplating adalah sebagai berikut :

1. Benda yang akan disepuh dibersihkan dengan sikat kawat atau amplas.
2. Kotoran-kotoran dihilangkan, jika sulit diberi carbon tetrachlorida secukupnya dengan menggunakan sarung tangan. Lakukanlah pada lemari asam.
3. Cuci dengan air suling 5 liter kemudian cuci lagi dengan air panas yang telah dicampur dengan 30 gram sodium carbonat sambil dipanaskan sampai 60 °C dan cuci lagi dengan air detergen panas, kemudian bilas lagi dengan air panas selanjutnya air dingin.

Air yang digunakan harus air suling.

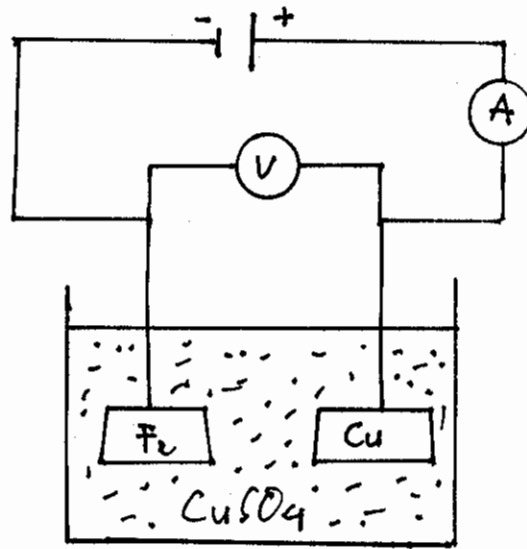
4. Bersihkan sisa hidrat yang tak terikat pada benda tersebut dengan menggunakan asam sulfat sebanyak 30 ml untuk besi. Caranya yaitu dengan menuangkan  $H_2SO_4$  tersebut sedikit kedalam air sebanyak 200ml dengan diaduk dan jangan sekali-kali menuangkan langsung kedalam air. Benda yang akan dicuci cukup dicelup saja. Bila sudah selesai bilaslah dengan menggunakan air dingin kemudian air panas.
5. Setelah keempat proses di atas dilakukan ( proses cleaning ) barulah kemudian dilakukan proses elektro cleaning. Proses ini dilakukan untuk membersihkan kotoran-kotoran yang masih tersisa pada pori-pori benda tersebut. Kemudian buatlah larutan 15 gram  $Na_3PO_4$  dan detergen (1/5 gelas) dengan air secukupnya. Benda yang akan disepuh diikat dengan kabel dan dihubungkan ke power supply, seperti pada gambar dibawah. Tetapi benda



tersebut jangan sampai menyentuh dasar tempatnya. Kemudian dipanaskan sampai suhu  $80^{\circ}\text{C}$  di atas pemanas sampai kelihatan gelembung-gelembungnya (lebih kurang 2 menit ) sesudah itu angkat dan bilas dengan air panas. Jika masih terdapat noda hitam maka perlu dicelupkan pada 180 cc HCl yang dicampur dengan 2 liter air. Kemudian timbanglah benda uji.

#### 4.4.2 Langkah-langkah pengujian.

1. Menimbang  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 10 gram, dan larutkan dalam 100 ml air suling.
2. Menimbang  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebanyak 4 gram, dan larutkan dalam air suling 50 ml.
3. Menimbang KCN sebanyak 7,5 gram, dan larutkan dalam 100 ml air suling.
4. Setelah semuanya larut, campurkan ketiga larutan tersebut menjadi satu dalam satu tempat.
5. Benda yang akan dilapisi dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus DC, sedangkan logam Cu dihubungkan dengan kutub positif.
6. Masukkan kedua elektroda tersebut dalam larutan tersebut.
7. Jalankan proses elektroplating, dengan memberi arus DC dari sumber sebesar 1 ampere selama 5 menit.
8. Menimbang benda uji, setelah proses elektroplating selesai dalam waktu 5 menit.
9. Ulangi langkah-langkah di atas 10 kali dengan waktu yang berbeda yaitu 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, 35 menit, 40 menit, 45 menit, 50 menit.



Gambar 4 Rangkaian Pengujian.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN.

### 5.1 Data Pengukuran.

Hasil pengujian dengan arus 1 A dan tegangan 6 volt.

No	Waktu (detik)	Massa (gram)
	X	Y
1.	300	0,025
2.	600	0,065
3.	900	0,1
4.	1200	0,125
5.	1500	0,155
6.	1800	0,18
7.	2100	0,215
8.	2400	0,255
9.	2700	0,28
10.	3000	0,315

### 5.2 Pembahasan hasil pengujian.

Dalam pengujian suatu hipotesa, terlebih dahulu harus ditentukan taraf signifikansi pengujian, yaitu kesediaan peneliti untuk secara maksimum mengambil resiko mengalami kesalahan. Kesediaan peneliti tersebut biasa ditentukan terlebih dahulu, misalnya 15 %, 10 %, 5 %, 1 %, dan sebagainya, sehingga keputusan itu nanti tidak akan dipengaruhi oleh hasilnya.

Dalam penelitian ini, peneliti memakai taraf signifikan 5 % untuk menguji hipotesa, sehingga kemungkinan akan meno-

lak hipotesa yang benar adalah 5 diantara 100 atau peneli-  
ti percaya/meyakini 95 % bahwa keputusannya benar.

Menolak hipotesa atas dasar taraf signifikan 5 % sama  
dengan menolak hepotesa atas dasar taraf kepercayaan 95  
%. Jika kita telah menolak hipotesa atas dasar taraf  
signifikansi 5 %, berarti kita mengambil resiko salah  
keputusannya itu sebanyak-banyaknya 5 % atau kebenaran  
tersebut, sedikit-dikitnya 95 % ( Hadi, Sutrisno, 1987 :  
318 ).

Persamaan statistik yang digunakan adalah :

Untuk keeratan hubungannya diuji dengan :

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2 \quad n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}$$

dan

$$t = \sqrt{n - 2} \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}}$$

Kemudian digunakan persamaan regresi :

$$Y = a + b X$$

Keterangan :

a = titik potong terhadap sumbu Y

b = slope (arah)

Y = variabel yang dipengaruhi

X = variabel yang mempengaruhi

n = banyaknya percobaan

Kemudian dari data di atas dilengkapi menjadi :

No	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1.	300	0,025	7,5	90000	0,000625
2.	600	0,065	39	360000	0,004225
3.	900	0,1	90	810000	0,01
4.	1200	0,125	150	1440000	0,015625
5.	1500	0,155	232,5	2250000	0,024025
6.	1800	0,18	324	3240000	0,0324
7.	2100	0,215	451,5	4410000	0,046225
8.	2400	0,255	612	5760000	0,065025
9.	2700	0,28	756	7290000	0,0784
10.	3000	0,315	945	9000000	0,099225
Jumlah	1650	1,715	3607,5	34650000	0,375775

Untuk mengetahui adanya korelasi atau tidak antara waktu elektroplating dengan massa zat yang terbentuk, harus diketahui distribusi sampling r.

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2 \quad n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}$$

$$r = \frac{10(3607,5) - (1650)(1,715)}{10(34650000) - 2,7 \times 10^8 \quad 10(0,375775) - 2,941777,5}$$

$$r = \frac{8616,843}{10,903617}$$

$$r = \frac{7777,5}{7786,332} = 0,998865$$

Uji hipotesa menggunakan  $\alpha = 0,05$

Jika  $p = 0$ , distribusi sampling statistik  $t$  :

$$t = \sqrt{n - 2} \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}}$$

$$t = \sqrt{10 - 2} \frac{0,998865}{\sqrt{1 - 0,998865^2}}$$

$$t = 59,32983$$

Menurut tabel C dengan 5 derajat kebebasan :  $p ( t_{2,228} ) = 0,05$ .

Berdasarkan hasil perhitungan dengan hipotesa pada taraf kepercayaan  $\alpha = 0,05$  dan besarnya  $r = 0,998865$ , besarnya distribusi sampling  $t = 59,32983$  ini terletak di daerah penolakan, maka  $H_0$  ditolak (  $t_{2,228}$  ) ini berarti  $H_1$  diterima.

Oleh karena  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima maka ada korelasi yang nyata antara Y dan X, dengan korelasi yang positif (  $r$  positif ), hal ini berarti ada korelasi antara massa zat yang terbentuk dengan waktu pada proses elektroplating.

Untuk menganalisa data guna mengestimasi dan melihat seberapa banyak zat yang terbentuk dalam satuan waktu tertentu dengan menggunakan persamaan regresi :

$$Y = a + b X$$

$$(\sum Y) (\sum X^2) - (\sum X) (\sum Y)$$

$$a = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{n (\sum X^2) - (\sum X)^2}{(1,75) (34650000) - (16500) (3607,5)}$$

$$a = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{10 (34650000) - (2,7 \times 10^8)}{60637500 - 59523750}$$

$$a = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{76500000}{1113750}$$

$$a = \frac{\quad}{76500000} = 0,01456$$

$$n (\sum XY) - (\sum X) (\sum Y)$$

$$b = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{n (\sum X^2) - (\sum X)^2}{10 (3607,5) - (16500) (1,715)}$$

$$b = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{10 (34650000) - (2,7 \times 10^8)}{7777.5}$$

$$b = \frac{\quad}{76500000} = 0,00010$$

Jadi persamaan regresinya adalah

$$Y = 0,01456 + 0,00010 X$$

Sehingga bila ingin melapisi logam Fe dengan Cu sebanyak 10 gram diperlukan waktu sebesar :

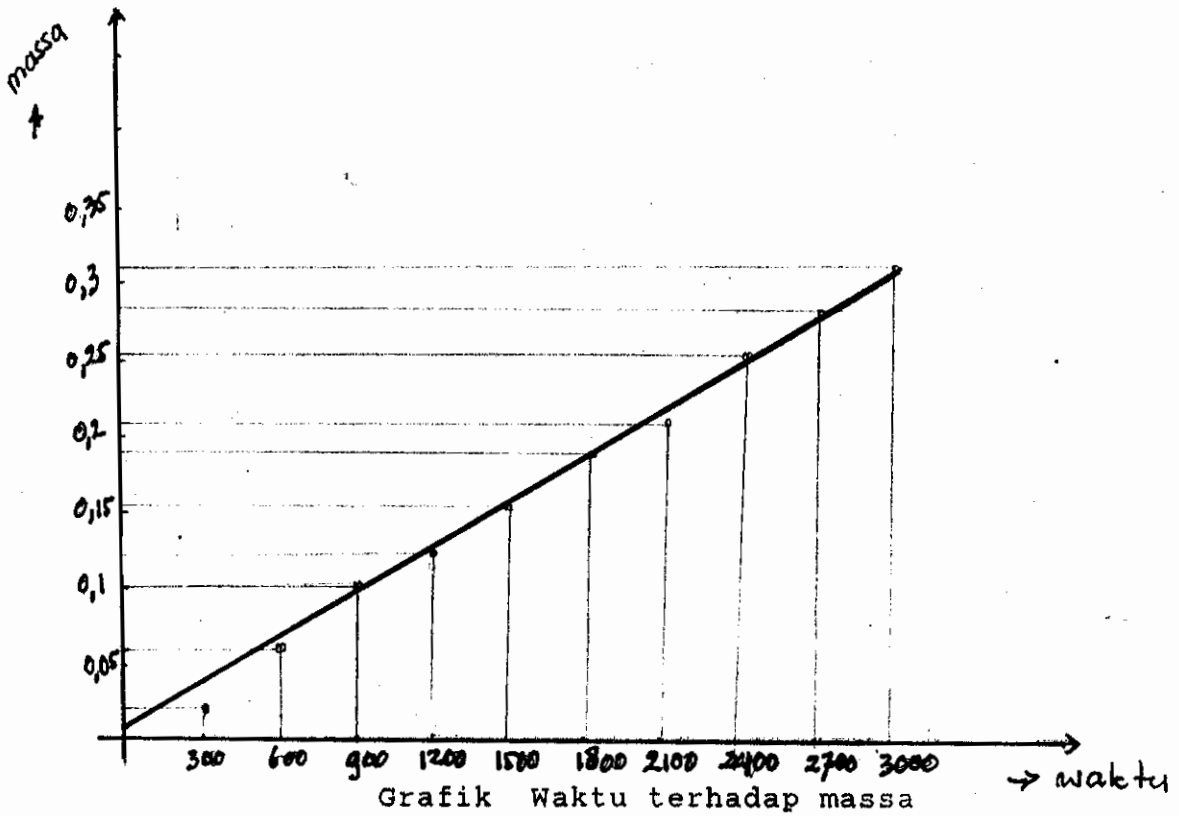
$$10 = 0,01456 + 0,00010 X$$

$$X = (10 - 0,01456)/0,00010 \text{ detik} = 99854,4 \text{ detik}$$

$$X = 27,73736 \text{ jam}$$

Jadi untuk melapisi besi dengan tembaga sebanyak 10 gram dengan arus 1 A, diperlukan waktu 27,73736 jam.

Kurva hubungan antara waktu dengan massa zat yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti kurva di bawah ini :





## 6. KESIMPULAN DAN SARAN.

### 6.1 Kesimpulan.

Dari data-data di atas, pembahasan hasil dan analisa data dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ada hubungan yang positif antara massa zat yang terbentuk dengan waktu dalam proses elektroplating.
2. Bila X adalah waktu dalam detik dan Y massa zat yang terbentuk dalam gram, maka persamaan regresi dari hubungan massa zat dengan waktu dimana menggunakan arus 1 A adalah

$$Y = 0,01456 + 0,00010 X$$

3. Makin lama waktu yang digunakan untuk elektroplating, maka semakin banyak zat yang melapis

### 6.2 Saran.

Berdasarkan pelaksanaan penelitian, hasil pengujian, pembahasan hasil dan kesimpulan, tim peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk memperpendek waktu dalam proses elektroplating maka dipakai sumber arus yang menghasilkan kuat arus yang besar, misalnya 10 A.
2. Untuk memperoleh hasil yang baik dalam proses elektroplating jangan menggunakan  $\text{CuSO}_4$  teknis, tetapi menggunakan  $\text{CuSO}_4$  yang murni.

3. Supaya dapat menempel dengan baik dalam proses elektroplating, proses persiapannya (pembersihan) harus benar-benar bersih, sebab bila kurang bersih dapat menyebabkan kurang menempel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Charles W. Keenan. 1990. Ilmu Kimia untuk Universitas. Jilid 1. Surabaya : Erlangga.
- Hadi, Surisno. 1986. Metodologi Research. Yogyakarta : Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi UGM.
- Hiskia Achmad, Drs. 1992. Elektrokimia dan Metalurgi Kimia. Bandung : PT Citra Aditya Bakti.
- Kenneth M. Ralls, Thomas H. Courtney, John Wolff. 1978. Introduction to Materials Science and Engineering. New Delhi : Wiley Eastern Limited.
- Lejaren A. Hiller, Rolfe H. Herber. 1971. Sifat-sifat Zat Kimia. Bandung : Terate.
- Ralph H. Petrucci. 1987. Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern. Surabaya : Erlangga.
- Suharno Pikir. 1989. Kimia Dasar. Surabaya : Airlangga University Press.
- V.B. John. 1979. Introduction to Materials Engineering. London : The Macmillan Press Ltd.
- W. Harjadi. 1989. Stoikhiometri. Jakarta : PT Gramedia.