

PENGARUH WAKTU PEMBAKARAN ELEKTRODA LOGAM  
TERHADAP ALIRAN ARUS LISTRIK  
PADA SEL GALVANI

**S K R I P S I**



Oleh :

*Budiono*

NIM. 96-2230

Asal	St. 1000	Klass
Terima	10 NOV 2001	621.31
No. Instuk	10237059	BUD
		p
		e.1

PROGRAM PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
2001

MOTTO

اعْمَلْ عَمَلِ مَنْ يَظُنُّ أَنَّ لَنْ تَمُوتَ أَبَدًا  
وَإِخْذِرْ حِذْرَ مَنْ يَخْشَى أَنَّ تَمُوتَ غَدًا

(رواه البيهقي عن ابن عمر)

Artinya: "Bekerjalah kamu seperti kerjanya orang yang mengira tidak akan mati selama-lamanya dan takutlah (bertakwalah) kamu seperti takutnya orang yang khawatir besok akan mati (HR. Al Baihaqi)"

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

1. Ibunda Tina dan Ayahanda Darma tercinta yang senantiasa mengiringi tetes penaku dalam mengais ilmu dengan curahan kasih sayang dan untaian do`a, semoga Allah SWT menempatkan kalian dengan orang-orang pilihan-Nya. Amien.
2. Mbak Kasri Urifah dan Mas Syamsul Bahri yang telah banyak membantu kelancaran studiku.
3. Dosen Pembimbing yang telah mengorbankan tenaga dan waktu demi sempurnanya skripsiku ini.
4. Dosen-dosen yang telah mengajari dan mendidiku.
5. Sahabat dan rekan rekan yang membuat hari-hariku indah.
6. Almamater yang kubanggakan.

HALAMAN PENGAJUAN

Pengaruh Waktu Pembakaran Elektroda Logam  
Terhadap Aliran Arus Listrik  
Pada Sel Galvani

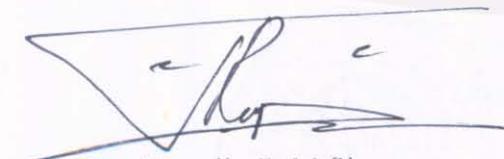
Diajukan untuk dipertahankan di depan tim penguji guna menyelesaikan  
Pendidikan Program Sarjana Strata Satu Jurusan Pendidikan Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Pendidikan Fisika  
pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember

Oleh:

Nama : Budiono  
Nim : 96 - 2230  
Tahun Angkatan : 1996  
Tempat / Tgl. Lahir : Lumajang, 06 Pebruari 1976

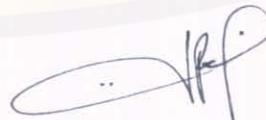
Disetujui

Pembimbing I



Drs. Trapsilo P, M.Si  
NIP: 131 660 790

Pembimbing II



Dra. Sri Astutik, M,Si  
NIP: 131 993 440

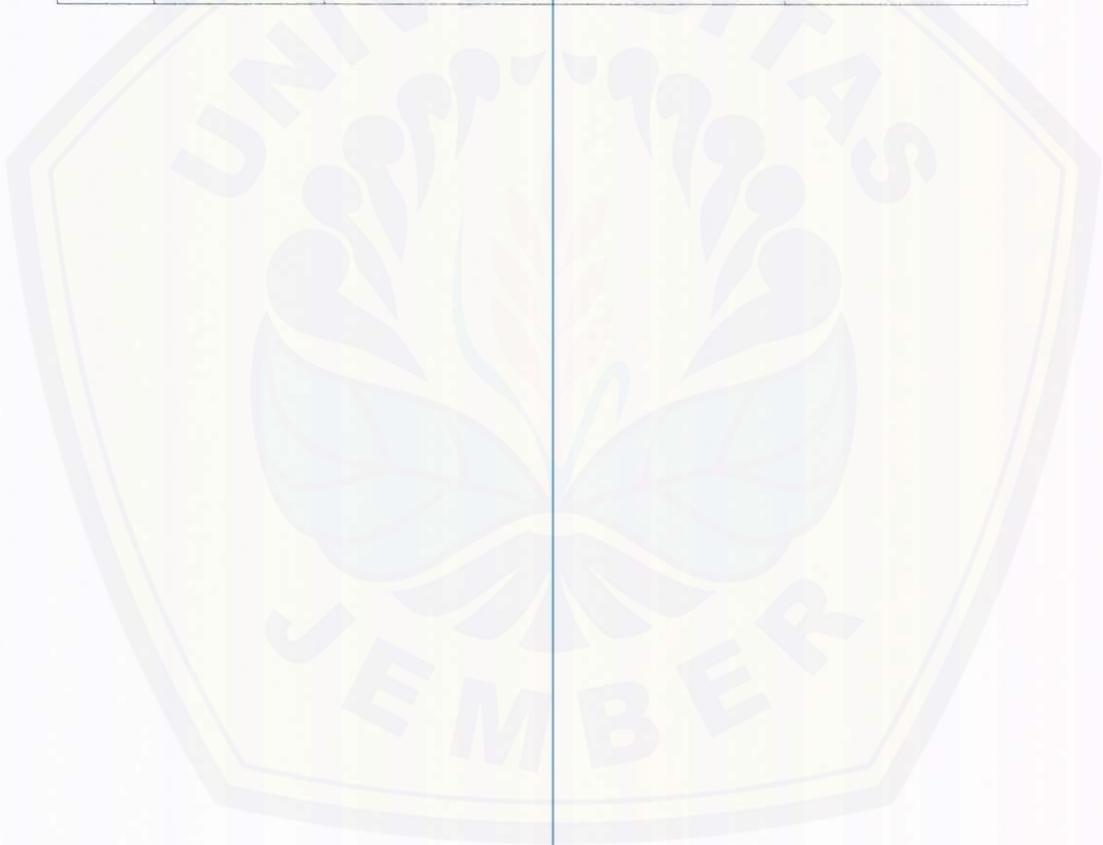
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN MOTTO .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GRAFIK .....	xi
ABSTRAK .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Definisi Operasional .....	3
1.5 Tujuan Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pembakaran Logam .....	5
2.2 Elektroda Logam .....	6
2.3 Arus Listrik .....	7
2.3.1 Pengertian Arus Listrik .....	7
2.3.2 Kuat Arus Listrik .....	8
2.4 Reaksi Reduksi - Oksidasi dan Elektrokimia .....	8
2.4.1 Reaksi Reduksi – Oksidasi .....	8
2.4.2 Elektrokimia .....	9

2.5 Sel Galvani .....	10
2.6 Pengaruh Pembakaran pada sel Galvani .....	13
2.7 Larutan Natrium Klorida (NaCl).....	14
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	15
3.3 Rancangan Penelitian .....	15
3.4 Langkah-langkah Penelitian.....	16
3.5 Tabel Pengamatan .....	17
3.6 Analisa Data .....	18
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>20</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	20
4.2 Pembahasan.....	23
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>26</b>
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2 Saran.....	26
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>27</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	
Lampiran I Matrik Penelitian	
Lampiran II Perhitungan	

**DAFTAR GAMBAR**

No	Gambar	Judul Gambar	Halaman
1	2.1	Setengah Sel Reaksi	6
2	2.2	Reaksi Spontan pada Sel Galvani	10
3	3.1	Alur Penelitian	15
4	3.2	Sel Galvani	16



**DAFTAR TABEL**

<b>NO</b>	<b>Tabel</b>	<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1	2.1	Potensial Reduksi Standar	11
2	3.1	Pengukuran Arus Listrik Logam Cu	17
3	3.2	Pengukuran Arus Listrik Logam Zn	17
4	4.1	Hasil Pengukuran Arus Listrik Logam Cu	20
5	4.2	Hasil Pengukuran Arus Listrik Logam Zn	20
6	4.3	Perhitungan Koefisien Korelasi Logam Cu	22
7	4.4	Perhitungan Koefisien Korelasi Logam Zn	22
8	4.5	Perhitungan Taraf Keberartian	23

**DAFTAR GRAFIK**

<b>NO</b>	<b>Grafik</b>	<b>Judul Grafik</b>	<b>Halaman</b>
1	3.1	Hubungan Waktu Pembakaran Elektroda dengan Arus Listrik pada Sel Galvani	18
2	4.1	Hasil Hubungan Waktu Pembakaran Elektroda dengan Arus Listrik Logam Cu	21
2	4.2	Hasil Hubungan Waktu Pembakaran Elektroda dengan Arus Listrik Logam Zn	21

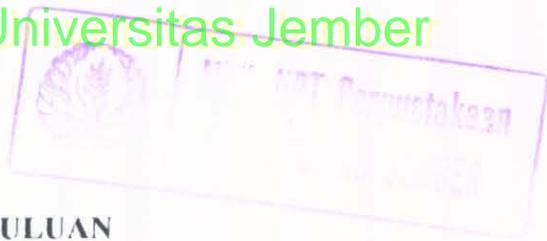
## ABSTRAK

Budiono, Oktober 2001, **Pengaruh Waktu Pembakaran Elektroda Logam Terhadap Aliran Arus Listrik Pada Sel Galvani**. Skripsi Program Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, FKIP Universitas Jember.

Pembimbing I : Drs. Trapsilo P, M.Si  
Pembimbing II : Dra. Sri Astutik, M.Si

Kata kunci : Pembakaran Elektroda, Arus Listrik, Sel Galvani

Bahan (logam) yang dibakar akan mengalami perubahan baik secara fisik maupun secara kimia, hal ini dapat dilihat dari banyaknya logam yang mengalami degradasi (penurunan mutu). Berdasarkan kenyataan ini maka timbul dua permasalahan yang perlu dipecahkan yaitu pertama, adakah hubungan antara waktu pembakaran elektroda logam dengan aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Tembaga (Cu) dan Seng (Zn)? dan yang kedua, seberapa besar pengaruh waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Cu dan Zn? Tujuan yang ingin dicapai adalah pertama, untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara waktu pembakaran elektroda logam dengan aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Tembaga (Cu) dan Seng (Zn)? yang kedua, untuk menentukan seberapa besar pengaruh waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Cu dan Zn. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan analisa statistik korelasi momen-perkalian (*product-moment*) dan uji grafik serta analisa statistik regresi linier. Analisa momen-perkalian menghasilkan koefisien korelasi  $r = 0,9736$  untuk logam Tembaga (Cu) dan  $r = 0,9766$  untuk logam Seng (Zn). Persamaan garis linier yang dihasilkan adalah  $Y = 2,7X + 21,3$  untuk logam Tembaga (Cu) dan  $Y = 4,3X - 11,6$  untuk logam Seng (Zn). Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa hubungan antara waktu pembakaran elektroda logam dengan aliran arus listrik pada sel Galvani adalah hubungan langsung positif untuk kedua jenis logam (Cu) dan (Zn). Pengaruh waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani adalah mempunyai pengaruh yang lebih tinggi pada logam Zn dibandingkan pada logam Cu. Sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya yang berhubungan dengan sel Galvani, maka disarankan agar penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan variasi jenis logam sebanyak-banyaknya, menentukan tegangan dan arus listrik untuk tiap-tiap waktu pembakaran elektroda, menggunakan jenis larutan dan konsentrasi yang berbeda-beda.



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampai saat ini fisika dikenal sebagai cabang ilmu yang mempunyai perkembangan sangat pesat dibandingkan dengan ilmu-ilmu yang lain. Hal ini sesuai dengan defenisi fisika itu sendiri, yang menyatakan bahwa fisika adalah ilmu yang mempelajari gejala-gejala alam yang terkait dengan keberadaan komponen materi yang saling mempengaruhi. Dengan menggunakan pengertian saling mempengaruhi ini ilmuwan menerangkan sifat-sifat materi dalam benda sebagaimana gejala alam lain yang diamati (Alonso-Finn, 1994: 2).

Keberadaan materi atau benda di alam selalu menunjukkan perilaku yang khusus. Materi atau benda yang dalam hal ini adalah logam keberadaannya selalu dipengaruhi oleh perubahan kondisi yaitu keadaan lingkungan yang tidak tetap. Akibat logam melakukan kontak dengan lingkungan mengakibatkan logam mengalami degradasi (penurunan mutu) yang sering dikenal dalam kehidupan sehari-hari dengan istilah korosi. Diketahui bahwa korosi merusak kebanyakan logam dalam waktu cukup lama, jadi tampaknya alam sengaja meminimumkan energi logam-logam tersebut melalui korosi (Trethewey-Chamberlain, 1991: 18).

Peristiwa di atas merupakan suatu interaksi energi listrik dan reaksi kimia. Alat khusus yang dapat membuat interaksi energi kimia (reaksi kimia) dengan energi listrik terjadi disebut Sel Elektrokimia. Sel ini ada dua macam, yaitu Sel Galvani dan Sel Elektrolisa, sel Galvani adalah alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik, seperti batere dan aki. Pada kedua elektroda terdapat kecenderungan reaksi kimia, satu cenderung teroksidasi dan yang lain akan terekduksi. Reaksi kimia akan terjadi bila keduanya dihubungkan dengan kawat (logam) sehingga elektron dapat pindah dari satu elektroda ke elektroda yang lain melalui kawat itu. Dalam kawat itu terdapat energi listrik yang dapat dipakai untuk berbagai keperluan. Sedangkan sel elektrolisa adalah kebalikan dari sel Galvani yaitu alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi kimia (Syukri, 1999: 514).

Pada suhu tinggi kebanyakan logam mudah bereaksi dengan oksigen yang reaksinya berlangsung secara sederhana, tetapi para ilmuwan di masa lampau mengalami kesulitan dalam memahami perubahan berat yang menyertai oksidasi logam. Energi termal dibutuhkan untuk menghasilkan laju oksidasi yang berarti dan sangat bervariasi untuk logam yang berbeda dalam waktu yang sama (Trethewey-Chamberlain, 1991: 346).

Kenyataan di atas menunjukkan bahwa sel Galvani akan menghasilkan beda potensial yang dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu jenis elektroda, konsentrasi larutan dan suhu (Syukri, 1999: 534). Jadi dengan memberikan pengaruh lingkungan (pembakaran) terhadap jenis elektroda yang digunakan diharapkan dapat memberikan gambaran baru tentang sel Galvani. Berkaitan dengan latar belakang di atas, maka diambil judul penelitian "**Pengaruh Waktu Pembakaran Elektroda Logam Terhadap Aliran Arus Listrik pada Sel Galvani**".

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- 1) adakah hubungan waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Tembaga (Cu) dan Seng (Zn)?
- 2) Seberapa besar pengaruh waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel galvani dari logam Cu dan Zn?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar penelitian ini tidak terlalu luas dan lebih terarah, maka diperlukan adanya suatu batasan masalah sebagai berikut:

- 1) pembakaran elektroda logam, yang dimaksud di sini adalah pembakaran pada salah-satu elektroda logam sejenis dengan menggunakan nyala api kompor listrik berdaya 600 watt;
- 2) waktu pembakaran elektroda logam adalah 2 menit, 4 menit, 6 menit dan seterusnya;

3) sel galvani, dengan kriteria:

- elektroda logam yang digunakan berasal dari Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) dengan ukuran 100x40x0,3mm;
- pasangan elektroda berasal dari logam yang sama;
- larutan elektrolit yang digunakan sebagai medium perpindahan elektron adalah berasal dari jenis garam yaitu Natrium Klorida (NaCl) dengan konsentrasi 3,5%;
- kawat yang digunakan sebagai penghantar adalah kawat tembaga;
- penelitian dilakukan pada suhu kamar.

#### 1.4 Definisi Operasional

Berdasarkan judul, maka diperlukan adanya definisi operasional variabel untuk dua variabel sebagai berikut:

- 1) waktu pembakaran adalah waktu yang diperlukan untuk membakar elektroda logam yang akan digunakan sebagai elektroda;
- 2) aliran arus listrik merupakan aliran partikel bermuatan antara dua titik yang dihubungkan oleh suatu penghantar. Pada sel Galvani aliran arus terjadi di dua tempat yaitu pada rangkaian luar yang aliran dibawa oleh elektron dan di rangkaian aliraman muatan dibawa oleh ion-ion bermuatan pada larutan yang memisahkan kedua elektroda (Suwardi & Poertadji,S, 1986:7.3).

#### 1.5 Tujuan Penelitian

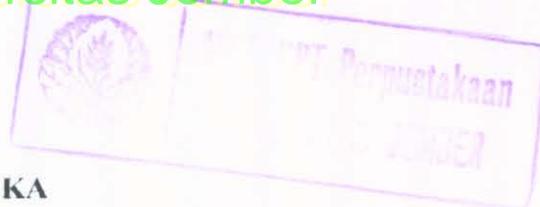
Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- 1) untuk mengetahui ada tidaknya hubungan waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Tembaga (Cu) dan Seng (Zn);
- 2) untuk mengetahui seberapa besar pengaruh waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel galvani dari logam Cu dan Zn.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas, maka penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi :

- 1) peneliti, dapat dijadikan sumber pengalaman yang berharga untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam mengembangkan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan sel galvani;
- 2) mahasiswa, dapat:
  - dijadikan sumber referensi untuk penelitian lebih lanjut, khususnya materi yang berhubungan dengan sel Galvani;
  - dijadikan sumber belajar untuk pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang;
- 3) guru / sekolah, dapat dijadikan bahan praktikum fisika di laboratorium sekolah khususnya yang berhubungan dengan sel Galvani.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembakaran Logam

Pembakaran logam yang di kenal dalam ilmu kimia adalah reaksi suatu logam dengan Oksigen yang dapat digambarkan melalui mekanisme oksidasi :



Oksigen mudah bereaksi dengan kebanyakan logam, meskipun energi termal yang dibutuhkan untuk menghasilkan laju oksidasi yang bermakna bagi perancang mungkin sangat bervariasi pada logam yang berbeda pada temperatur yang sama. Pada temperatur sehari-hari, dari kebanyakan bahan untuk perancang ada yang sudah teroksidasi sedemikian rupa sehingga lapisan oksida melindungi logam di bawahnya. Ada pula yang di udara kering bereaksi begitu lambat sehingga oksidasi tidak mendatangkan masalah. Pada temperatur tinggi, laju oksidasi logam-logam meningkat. Jadi, jika sebuah komponen perancang mengalami kontak langsung dengan lingkungan bertemperatur tinggi untuk waktu yang lama, komponen itu mungkin menjadi tidak berguna (Trethewey - Chamberlain, 1991: 346).

Oksida-oksida logam (serta senyawa-senyawa lain seperti Sulfida dan Halida) dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu oksida yang mantap dan oksida yang tidak mantap. Oksida yang mantap dan tidak mudah menguap, diharapkan akan tetap tinggal pada permukaan logam dan semua oksida semacam itu diduga akan melindungi logam di bawahnya. Namun kenyataannya yang terjadi tidak demikian. Laju oksidasi bergantung pada beberapa faktor tiga di antaranya adalah:

- 1) laju difusi reaktan melalui selaput Oksigen ;
- 2) laju pemasokan Oksigen kepermukaan luar oksida ;
- 3) nisbah volume molar oksida terhadap logam.

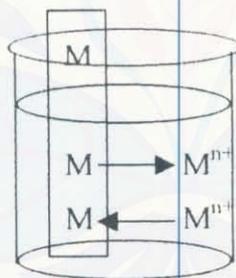
Untuk oksida yang tidak mantap, apabila oksida logam yang tidak mantap dipanaskan, oksida mengurai untuk melepaskan logam bersangkutan dan mengendapkannya ke permukaan logam. Perak oksida mengurai di atas 100 °C, air raksa (II) oksida mengurai di atas 500 °C dan Kadmium oksida dalam temperatur 900-1000 °C (Trethewey - Chamberlain, 1991: 349).

## 2.2 Elektroda Logam

Dalam pembahasan elektrokimia telah dikenal berbagai jenis elektroda, diantaranya elektroda logam, elektroda gas dan lain-lain. Selanjutnya akan banyak disinggung tentang elektroda logam. Elektroda logam adalah elektroda yang berasal dari jenis logam, misalnya besi, tembaga, nikel dan lain-lain.

Pada gambar (2.1) terlihat suatu pelat logam M, disebut elektroda, yang terendam dalam larutan mengandung ion logam  $M^{n+}$  yang secara keseluruhan susunan ini dinamakan setengah-sel (*half-cell*). Ada tiga jenis interaksi yang dapat terjadi antara atom logam dan ion logam.

- 1) Ion logam  $M^{n+}$  dapat menabrak elektroda tanpa suatu perubahan.
- 2) Ion logam menabrak elektroda, mendapatkan elektron sebanyak  $n$  dan diubah menjadi atom logam M. Ion tersebut direduksi.
- 3) Atom logam M elektroda dapat kehilangan elektron sebanyak  $n$  dan memasuki larutan sebagai ion  $M^{n+}$ . Atom logam tersebut dioksidasi.



Gambar 2.1. Setengah-sel elektrokimia

Setengah-sel terdiri dari elektroda logam M yang terendam dalam larutan ionnya,  $M^{n+}$ . Situasi yang digambarkan di sini terbatas pada logam yang tidak bereaksi dengan air.

Keseimbangan antara logam dan ionnya yang dapat tercapai dengan cepat dituliskan sebagai berikut :



Jumlah keseluruhan elektron pada elektroda sebelum dan sesudah keseimbangan tercapai akan sedikit berbeda. Akibatnya elektroda akan mendapatkan sedikit muatan listrik, sedangkan larutannya mempunyai muatan yang berlawanan (Petrucci-Suminar, 1993:8).

## 2.3 Arus Listrik

### 2.3.1 Pengertian Arus Listrik

Pada abad ke-19, sebelum elektron ditemukan, arus listrik ditetapkan sebagai aliran partikel yang bermuatan listrik yang bergerak dari kutub positif ke kutub negatif baterai. Ketetapan ini dikenal juga dengan arus listrik konvensional. Tetapi setelah ditemukan partikel partikel bermuatan negatif (elektron) pengertian itu berubah, muatan listrik yang bergerak dalam konduktor adalah elektron yang alirannya berlawanan arah dengan aliran muatan positif. Berdasarkan perjanjian ini telah ditetapkan bahwa :

- 1) arus listrik hanya akan mengalir jika rangkaian mempunyai perbedaan potensial;
- 2) arus listrik mengalir dari titik yang potensialnya tinggi ke potensial yang lebih rendah dengan arah aliran berlawanan dengan arah aliran elektron (Dedi Hidayat, 2000: 178).

Jika pada kedua ujung kawat bekerja suatu gaya yang dapat menggerakkan elektron yang seolah-olah mengembara dari suatu atom ke atom lain dalam satu jurusan, maka dikatakan adanya arus listrik. Arus listrik timbul bila sejumlah elektron bergerak dalam satu arah. Keadaan gerakan elektron-elektron ini ditetapkan oleh tiga faktor:

- 1) arah gerakan;
- 2) kecepatan gerakan;
- 3) jumlah elektron yang bergerak (Kokelaar, 1983: 13-14).

Elektron-elektron bebas di dalam sebuah penghantar logam yang terisolasi, seperti suatu panjang dari kawat Tembaga, berada di dalam gerakan sembarang (*random motion*) seperti halnya molekul-molekul sebuah gas yang dibatasi di dalam sebuah tabung (wadah). Elektron-elektron tersebut tidak mempunyai gerakan terarah netto sepanjang kawat. Jika ujung-ujung kawat tersebut dihubungkan ke sebuah baterai maka sebuah medan listrik akan ditimbulkan pada setiap titik di dalam kawat tersebut. Medan listrik ini akan bertindak pada elektron-elektron dan akan memberikan suatu gerak resultan pada elektron-

elektron tersebut di dalam arah medan listrik. Kemudian akan timbul sebuah arus listrik (*electric current*) yang disimbolkan dengan  $i$  (Halliday & Resnick, 1990: 182).

### 2.3.2 Kuat Arus Listrik

Arus listrik dihasilkan jika sebuah muatan netto  $q$  lewat melalui suatu penampang penghantar selama waktu  $t$ , maka arus (yang dianggap konstan) adalah

$$i = \frac{q}{t} \dots \dots \dots (2.2)$$

Satuan-satuan SI yang sesuai adalah ampere (disingkat A) untuk  $i$ , coulomb untuk muatan  $q$ , dan detik untuk waktu  $t$ . Jika banyaknya muatan yang mengalir persatuan waktu tidak konstan, maka arus akan berubah dengan waktu dan diberikan oleh limit diferensial dari persamaan (2.2) adalah

$$i = \frac{dq}{dt} \dots \dots \dots (2.3)$$

(Halliday - Resnick, 1990:183).

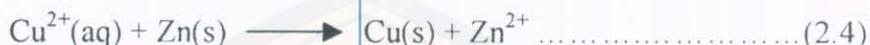
## 2.4 Reaksi Reduksi - Oksidasi dan Elektrokimia

Reaksi reduksi-oksidasi, atau redoks melibatkan perubahan dalam keadaan oksidasi pereaksi-pereaksi. Dalam kebanyakan contoh sederhana terdapat kehilangan elektron padanannya oleh pereaksi yang lain. Bila aliran elektron yang menyertai suatu reaksi membentuk arus listrik, maka perubahan kimia itu dirujuk sebagai elektrokimia (Keenan, dkk, 1999: 29).

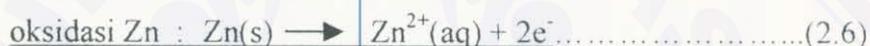
### 2.4.1 Reaksi Reduksi - Oksidasi

Selama abad ke-19 istilah oksidasi digunakan untuk menjelaskan reaksi di mana suatu zat bersenyawa dengan Oksigen. Istilah reduksi berasal dari kata Latin *reduco* yang artinya mengembalikan. Pada awalnya kata reduksi digunakan dalam metalurgi pada proses mendapatkan kembali logam dari bijihnya (Hiskia Achmad, 1992: 3).

Reaksi redoks adalah reaksi di mana terjadi transfer elektron dari suatu zat ke zat lain. Zat pereduksi (reduktan) adalah donor elektron dan zat pengoksidasi (oksidan) adalah aseptor elektron. Transfer elektron dapat disertai dengan kejadian lain, seperti transfer atom atau ion, tetapi efek netto nya adalah perubahan bilangan oksidasi suatu unsur. Sebagai contoh pengendapan Tembaga dalam larutan dengan reaksi :



dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  sebagai zat pengoksidasi dan logam Zn sebagai zat pereduksi. Setiap reaksi redoks dapat dinyatakan sebagai jumlah dua setengah-reaksi, yaitu reaksi konsepsi yang memperlihatkan kehilangan dan perolehan elektron. Reaksi di atas dapat dinyatakan sebagai jumlah dari dua setengah-reaksi berikut :



Zat yang tereduksi dan teroksidasi di dalam setengah-reaksi membentuk pasangan redoks (Atkins, 1994: 272-273).

**2.4.2 Elektrokimia**

Penyelidikan mengenai reaksi kimia di dalam larutan berkenaan dengan pengukuran listriknya dipelajari melalui sel elektrokimia. Sel ini terdiri atas dua elektroda - konduktor - logam yang dicelupkan ke dalam elektrolit konduktor ion (yang dapat berupa larutan, cairan atau padatan). Elektroda dan elektrolitnya dapat menempati kompartemen yang dihubungkan dengan jembatan garam, yaitu larutan elektrolit yang melengkapi sirkuit listrik dan memungkinkan reaksi sel itu berfungsi. Sel elektrokimia yang menghasilkan listrik karena terjadinya reaksi spontan di dalamnya disebut sel Galvani. Sel elektrokimia di mana reaksi tak spontan di dalamnya di gerakkan oleh sumber arus luar disebut sel elektrolisa (Atkins, 1994: 272).

Di dalam sel elektrokimia, setengah-reaksi berlangsung di satu kompartemen elektroda dan setengah-reaksi yang lain berlangsung di kompartemen lain. Dengan cara ini, proses reduksi dan oksidasi yang bertanggung

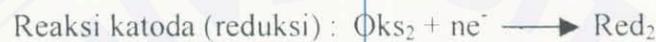
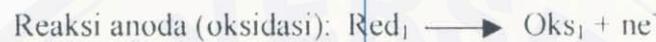
jawab atas keseluruhan reaksi spontan dipisahkan. Ketika berlangsung, elektron yang dibebaskan pada setengah-reaksi :



di dalam satu kompartemen berjalan melalui sirkuit luar dan memasuki sel melalui elektroda lain. Di sana elektron itu digunakan untuk mereduksi anggota pasangan yang teroksidasi di dalam kompartemen itu :



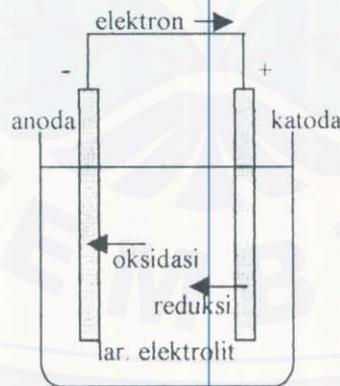
Elektroda tempat terjadinya oksidasi disebut anoda, elektroda tempat terjadinya reduksi disebut katoda :



dengan n adalah bilangan bulat (Atkins,1994: 274).

**2.5 Sel Galvani**

Sel galvani atau sel volta, katoda mempunyai potensial lebih tinggi daripada anoda. Sebab, spesies yang mengalami reduksi menarik elektron dari elektrodanya (katoda, gambar 2.2) sehingga meninggalkan muatan positif relatif pada elektroda itu (sesuai dengan potensial tinggi).



Gambar 2.2. Reaksi spontan pada sel galvani

Pada anoda, oksidasi menghasilkan transfer elektron pada elektroda sehingga memberikan muatan negatif relatif kepadanya (sesuai dengan potensial rendah) (Atkins,1994: 275).

Untuk menuliskan reaksi sel galvanik ditentukan dengan perjanjian yang telah disepakati. Perjanjian ini dirumuskan seperti di bawah ini :

elektroda ; ion-ion dalam larutan    ion-ion dalam larutan ; elektroda	
anoda (oksidasi) potensial tinggi	katoda (reduksi) potensial rendah

Kedua garis vertikal sejajar itu menyatakan jembatan garam yang memisahkan kedua elektroda. Contoh khas adalah sel Daniel pada persamaan (2.4)



(Keenan,dkk, 1999:38).

Potensial reduksi standar  $E^{\circ}_{red}$  adalah potensial yang diperoleh dengan membuat pasangan sel, di mana pasangan itu menjadi elektroda bagian kanan dan elektroda Hidrogen standar sebagai elektroda sebelah kirinya. Nilai potensial standar akan ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel Potensial Reduksi Standar $E^{\circ}_{red}$		
Oksidasi / reduksi	Reaksi Katode (reduksi)	Potensial Reduksi (volt)
$\text{Li}^+ / \text{Li}$	$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}$	-3.04
$\text{K}^+ / \text{K}$	$\text{K}^+ + e^- \rightarrow \text{K}$	-2.92
$\text{Ca}^{2+} / \text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Na}^+ / \text{Na}$	$\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Al}^{3+} / \text{Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{PbSO}_4 / \text{Pb}$	$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,36
$\text{Co}^{2+} / \text{Co}$	$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Co}$	-0,28
$\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{D}^+ / \text{D}_2$	$2\text{D}^+ + 2e^- \rightarrow \text{D}_2$	-0,003
$\text{H}^+ / \text{H}_2$	$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{I}_2 / \text{I}^-$	$\text{I}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-$	+0,54
$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	+0,68
$\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}$	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2\text{Hg}$	+0,79
$\text{Ag}^+ / \text{Ag}$	$\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,80
$\text{NO}_3^- / \text{N}_2\text{O}_4$	$2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,80
$\text{NO}_3^- / \text{NO}$	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96

Br <sub>2</sub> / Br <sup>-</sup>	Br <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → Br <sup>-</sup>	+1,07
O <sub>2</sub> / H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 4e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O	+1,23
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> / Cr <sup>3+</sup>	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> + 14H <sup>+</sup> + 6e <sup>-</sup> → Cr <sup>3+</sup> + 7H <sub>2</sub> O	+1,33
Cl <sub>2</sub> / Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2Cl <sup>-</sup>	+1,36
PbO <sub>2</sub> / Pb <sup>2+</sup>	PbO <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Pb <sup>2+</sup> + 2H <sub>2</sub> O	+1,46
Au <sup>3+</sup> / Au	Au <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Au	+1,50
MnO <sub>2</sub> / Mn <sup>2+</sup>	MnO <sub>2</sub> + 8H <sup>+</sup> + 5e <sup>-</sup> → Mn <sup>2+</sup> + 4H <sub>2</sub> O	+1,51
HClO / Cl <sub>2</sub>	2HClO + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Cl <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O	+1,63
PbO <sub>2</sub> / Pb SO <sub>4</sub>	PbO <sub>2</sub> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + 4H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → PbSO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O	+1,68
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O	+1,78
F <sub>2</sub> / F <sup>-</sup>	F <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2F <sup>-</sup>	+2,87

Tabel 2.1. Potensial Reduksi Standar

Sel galvanik yang belum mencapai kesetimbangan kimia dapat melakukan kerja listrik ketika reaksi di dalamnya menggerakkan elektron-elektron melalui sirkuit luar. Kerja yang dapat dipenuhi oleh transfer elektron tertentu bergantung pada beda potensial antara kedua elektroda. Perbedaan potensial ini disebut *potensial sel* dan diukur dalam volt (V). Jika potensial sel besar, sejumlah elektron tertentu yang berjalan antara kedua elektroda dapat melakukan kerja listrik yang besar, jika potensial sel kecil, elektron dalam jumlah yang sama hanya dapat melakukan sedikit kerja. Sel yang reaksinya ada dalam kesetimbangan tidak dapat melakukan kerja, dan sel demikian potensial selnya nol (Atkins, 1994: 279).

Dari potensial reduksi dalam tabel 2.1, dapatlah diramalkan bahwa voltase sel galvanik yang terdiri dari elektroda standar yang dicantumkan dalam tabel itu. Reaksi pada suatu elektroda dirujuk sebagai suatu setengah-reaksi. Reaksi sel adalah jumlah aljabar dari reaksi-reaksi yang terjadi pada elektroda-elektroda. Untuk sel yang ditunjukkan oleh reaksi pada persamaan (2.4) dapat ditentukan voltase sel yang merupakan jumlah aljabar dari potensial oksidasi dan potensial reduksi. Jika yang digunakan adalah elektroda-elektroda standar, maka voltase sel itu ditandai dengan E<sup>o</sup><sub>sel</sub>.

$$E_{sel}^o = E_{oks}^o + E_{red}^o \dots \dots \dots (2.10)$$

Jadi voltase standar untuk reaksi sel pada persamaan (2.4) adalah :

$$E_{sel}^o = E_{Zn,Zn^{2+}}^o + E_{Cu^{2+},Cu}^o$$

$$= 0,76 \text{ V} + 0,34$$

$$= 1,10 \text{ V}$$

## 2.6 Pengaruh Pembakaran Pada Sel Galvani

Elektroda yang digunakan dalam sel galvani di sini adalah elektroda logam. Sebelum di gunakan salah-satu elektroda logam sejenis terlebih dahulu dibakar dengan maksud agar terjadi perubahan pada struktur logam, khususnya yang berkaitan dengan perpindahan elektron yang dimiliki oleh suatu logam. Seperti telah dijelaskan pada sub bab terdahulu bahwa pembakaran akan menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi pada logam (logam teroksidasi). Karena logam mengalami oksidasi, maka logam akan kehilangan sebagian elektronnya sesuai dengan bilangan oksidasi yang dimungkinkan. Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan muatan pada masing-masing elektroda. Bila kedua elektroda sejenis yang mempunyai beda potensial itu dihubungkan oleh sepotong kawat, maka arus listrik mengalir seperti ditunjukkan oleh voltmeter. Semakin lama salah-satu elektroda dibakar, maka perbedaan potensial antara kedua elektroda pada sel galvani juga semakin besar. Potensial yang mengukur beda potensial listrik antara dua elektroda, yakni kerja yang dilakukan untuk membawa muatan dari satu elektroda ke elektroda yang lain. Jadi potensial yang teramati menunjukkan gaya yang menggerakkan elektron di dalam sirkuit sehingga merupakan ukuran kuantitatif dari kecenderungan relatif berbagai reaksi oksidasi-reduksi yang terjadi (Yahya, 1986: 8.19).

Sel galvani yang demikian akan memperlihatkan beda energi antara sebuah logam dan salah satu senyawa kimianya, hal ini oksida logam bersangkutan. Di sini logam berperilaku sebagai sekumpulan atom, tetapi dalam oksidanya ion-ion lah yang berperan (Trethewey-Chamberlain, 1991: 59).

## 2.7 Larutan Natrium Klorida (NaCl)

Larutan Natrium Klorida (NaCl) adalah larutan yang berasal dari jenis garam yang memiliki sifat elektrolit kuat artinya NaCl dapat menghantarkan arus listrik. Dalam hal elektrolit, 1 mol menghasilkan lebih dari  $6.02 \times 10^{23}$  partikel, beda dengan non elektrolit yang hanya 1 mol merujuk ke jumlah partikel yang sama yakni  $6.02 \times 10^{23}$  molekul. Natrium Klorida tidak terdiri dari molekul-molekul, melainkan pasangan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ . Ini berarti 58,5 gram NaCl tidak berisi  $6.02 \times 10^{23}$  molekul, melainkan  $6.02 \times 10^{23}$  ion  $\text{Na}^+$  dan  $6.02 \times 10^{23}$  ion  $\text{Cl}^-$  (Keenan, dkk, 1999: 442).

Untuk reaksi reduksi-oksidasi, NaCl dapat dituliskan melalui reaksi-reaksi yang menggambarkan pembentukan garam dapur sebagai berikut:



Persamaan (2.11) menyatakan bahwa sebuah atom natrium menyerahkan sebuah elektron untuk membentuk ion natrium bermuatan positif, sedangkan persamaan (2.12) menyatakan bahwa sebuah atom menerima sebuah elektron untuk membentuk ion klorida bermuatan negatif.

Kedua persamaan di atas dapat dituliskan menjadi satu persamaan yang merupakan penjumlahan persamaan (2.11) dan (2.12), yaitu:



Dalam bentuk di atas tidak ada petunjuk langsung tentang pertukaran-pertukaran elektron yang telah terjadi. Ion-ion dalam struktur kisi kristal yang tersusun beraturan dan besar memerlukan sebuah rumus  $(\text{NaCl})_n$ , tetapi dalam perhitungan rumus NaCl terasa lebih memudahkan (Trethewey-Chamberlain, 1991: 22).

Apabila suatu bahan ionik dilarutkan ke dalam air maka ion-ionnya memisahkan diri dan menyebar secara acak di antara molekul-molekul air. Berapa pun banyaknya garam yang digunakan untuk membuat larutan, banyak ion natrium (Na) selalu sama dengan banyak ion klorida (Cl). Pernyataan ini sesuai dengan prinsip elektronetralitas yang hakekatnya setiap ada ion positif terbentuk, sebuah ion negatif juga terbentuk.



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada bulan Agustus 2001, dan bertempat di Laboratorium Fisika Gedung III Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

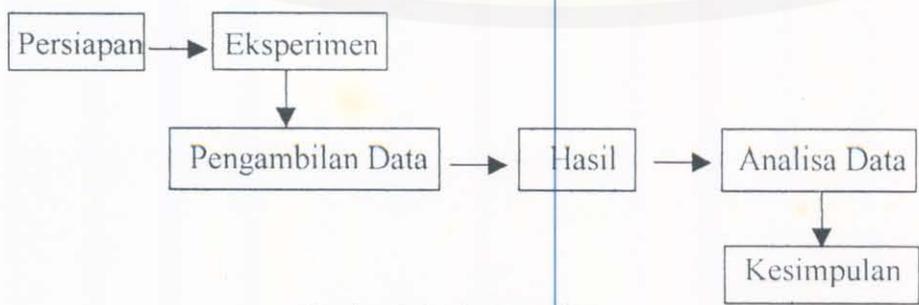
#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. gelas ukur 250 mm;
2. elektroda Seng (Zn) dan Tembaga (Cu) berukuran 100x40x0,3 mm, masing-masing 8 pasang;
3. tank penjepit;
4. pemanas berupa kompor listrik;
5. larutan Natrium Klorida (NaCl) 3,5 %;
6. amperemeter;
7. alat ukur waktu (stop watch), dan
8. pembersih logam (amplas).

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang secara sederhana langkah-langkah pelaksanaannya dapat digambarkan melalui diagram alur sebagai berikut:

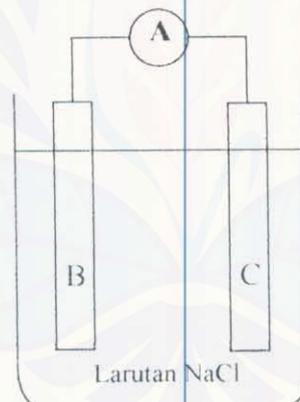


Gambar 3.1. Alur Penelitian

### 3.4 Langkah-langkah Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini, dilakukan melalui beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) mempersiapkan bahan dan alat penelitian, serta membuat larutan elektrolit NaCl 3,5 % yaitu dengan cara melarutkan NaCl kristal sebanyak 35 gram ke dalam 1 liter aquades;
- 2) logam dibersihkan dengan amplas agar benar-benar terbebas dari unsur lain;
- 3) dengan menggunakan tank penjepit, bakar salah-satu dari masing-masing pasang elektroda logam di atas nyala api kompor listrik berdaya 600 watt, dengan variasi waktu 2 menit, 4 menit, 6 menit dan seterusnya;
- 4) agar suhu logam sama dengan suhu kamar, dinginkan elektroda logam tersebut beberapa saat;
- 5) merangkai sel galvani seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.2. Sel Galvani

Keterangan:

A = avometer

B = elektroda logam yang dibakar sesuai dengan variasi waktu

C = elektroda logam yang tidak dibakar.

Catatan: logam B dan C adalah sejenis

- 6) mencatat besarnya arus yang terbaca pada avometer digit di tabel pengamatan;
- 7) lakukan hal serupa untuk tiap waktu pembakaran yang berbeda.

3.5 Tabel Pengamatan

Tabel 3.1. Pengukuran Arus Listrik Untuk Logam Tembaga (Cu)

No	Waktu Pembakaran (menit)	Arus Listrik (mikroamper)					$I_{rata}$
		Waktu Pengukuran (menit)					
		1	2	3	4	5	
1.	2						
2.	4						
3.	6						
4.	8						
5.	10						
6.	12						
7.	14						
8.	16						

Tabel 3.2. Pengukuran Arus Listrik Untuk Logam Seng (Zn)

No	Waktu Pembakaran (menit)	Arus Listrik (mikroamper)					$I_{rata}$
		Waktu Pengukuran (menit)					
		1	2	3	4	5	
1.	2						
2.	4						
3.	6						
4.	8						
5.	10						
6.	12						
7.	14						
8.	16						

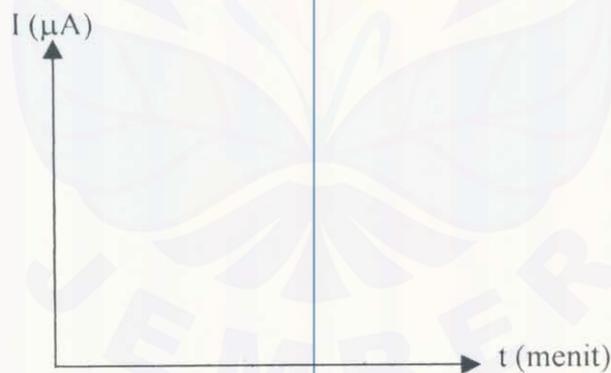
**3.6 Analisa Data**

Untuk menjawab permasalahan yang pertama, dapat diselesaikan dengan menggunakan perhitungan korelasi momen-perkalian (*product moment*) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Nilai r merupakan koefisien korelasi yang bergerak antara -1 dan +1 dengan tanda negatif menyatakan adanya korelasi tak langsung atau korelasi negatif dan tanda positif menyatakan korelasi langsung atau korelasi positif. Khusus untuk  $r = 0$ , maka ditafsirkan bahwa tidak terdapat hubungan linier antara variabel X dan Y (Sudjana, 1996: 369)

Untuk menjawab permasalahan kedua, hasil pengamatan dapat dituliskan dalam suatu hubungan grafis dengan sumbu X sebagai variabel waktu pembakaran dan sumbu Y sebagai variabel arus listrik yang terbaca pada amperemeter. Tampilan grafiknya dapat dilihat sebagai berikut:



Grafik 3.1. hubungan waktu pembakaran dengan arus listrik

Hubungan di atas juga dapat ditentukan dengan menggunakan statistik regresi linier yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

$$a = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \text{ (Spiegel, 1996 : 327)}$$

Sedangkan untuk mengetahui penyimpangan pengukuran pada saat melakukan eksperimen diperlukan perhitungan ketidakpastian pengukuran. Ketidakpastian pengukuran ini dibedakan menjadi dua macam yaitu ketidakpastian mutlak (KM) dan ketidakpastian relatif (KR).

1. Ketidakpastian mutlak ditentukan dengan persamaan:

$$KM = \frac{\Delta X}{\Sigma X} = \frac{(X_n - \bar{X})}{\Sigma X} \dots \dots \dots (3.4)$$

2. Ketidakpastian relatif ditentukan dengan persamaan:

$$KR = \frac{\Delta X}{\Sigma X} \cdot 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Penelitian

Hasil pengukuran arus listrik yang terbaca pada avometer ditunjukkan oleh tabel berikut ini :

Tabel 4.1. Pengukuran Arus Listrik Untuk Logam Tembaga (Cu)

No	Waktu Pembakaran (menit)	Arus Listrik (mikroampere)					Arus Rata-rata
		Waktu Pengukuran (menit)					
		1	2	3	4	5	
1	2	27.6	27.0	26.0	25.4	25.0	26.2
2	4	38.4	35.4	31.0	27.5	25.6	31.6
3	6	44.4	44.0	39.6	36.0	33.5	39.5
4	8	48.1	44.5	43.7	43.1	42.7	44.4
5	10	48.8	48.2	48.1	48.1	47.9	48.2
6	12	51.3	50.8	50.1	49.8	49.9	50.4
7	14	66.6	59.9	56.6	52.6	48.1	56.8
8	16	80.2	73.1	67.1	61.0	56.9	67.7

Tabel 4.2. Pengukuran Arus Listrik Untuk Logam Seng (Zn)

No	Waktu Pembakaran (menit)	Arus Listrik (mikro ampere)					Arus Rata-rata
		Waktu Pengukuran (menit)					
		1	2	3	4	5	
1	2	3.2	2.1	1.9	1.6	1.6	2.1
2	4	5.1	3.9	2.7	2.3	2.1	3.2
3	6	10.8	10.4	9.7	8.5	7.6	9.4
4	8	25.3	25.1	24.6	23.7	22.2	24.2
5	10	38.7	36.7	32.8	27.4	22.1	31.5
6	12	41.2	38.9	36.2	34.0	32.9	36.6
7	14	57.3	52.2	47.6	44.8	41.2	48.6
8	16	66.8	62.3	59.9	56.6	52.6	59.6

Untuk menentukan adanya hubungan antara waktu pembakaran elektroda logam dengan arus listrik maka tabel 4.1 dan tabel 4.2 dapat dimasukkan ke dalam tabel perhitungan koefisien korelasi sebagai berikut:

Tabel 4.3. Perhitungan Untuk Logam Cu

No	Waktu Pembakaran (X)	Arus Listrik (Y)	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2	26.2	52.4	4.0	686.44
2	4	31.6	126.4	16.0	998.56
3	6	39.5	237.0	36.0	1560.25
4	8	44.4	355.2	64.0	1971.36
5	10	48.2	482.0	100.0	2323.24
6	12	50.4	604.8	144.0	2540.16
7	14	56.8	795.2	196.0	3226.24
8	16	67.7	1083.2	256.0	4583.29
$\Sigma$	72	364.8	3736.2	816.0	17889.54
$\Sigma^2$	5184	133079.04			

Tabel 4.4. Perhitungan Untuk Logam Zn

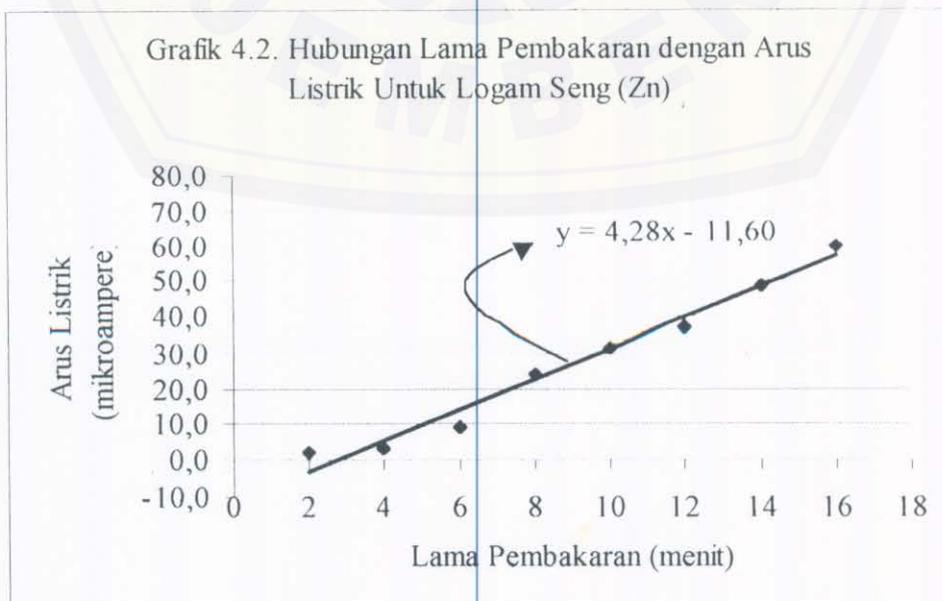
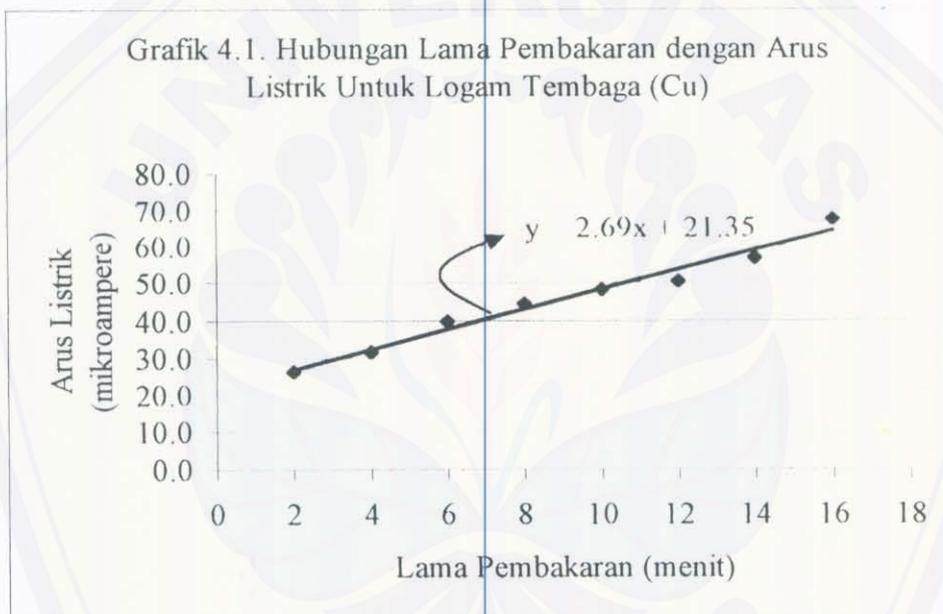
No	Waktu Pembakaran (X)	Arus Listrik (Y)	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2	2.1	4.2	4.00	4.41
2	4	3.2	12.8	16.00	10.24
3	6	9.4	56.4	36.00	88.36
4	8	24.2	193.6	64.00	585.64
5	10	31.5	315.0	100.00	992.25
6	12	36.6	439.2	144.00	1339.56
7	14	48.6	680.4	196.00	2361.96
8	16	59.6	953.6	256.00	3552.16
$\Sigma$	72	215.2	2655.2	816.00	8934.58
$\Sigma^2$	5184	46311.0			

Berdasarkan tabel di atas, didapat hubungan antara waktu pembakaran dengan arus listrik yaitu dengan menggunakan product moment pada persamaan 3.1 dan koefisien korelasi yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$r = 0,9736 \text{ untuk logam Cu dan}$$

$$r = 0,9766 \text{ untuk logam Zn}$$

Untuk permasalahan kedua, secara grafis pengaruh waktu pembakaran terhadap arus listrik pada sel Galvani menggunakan regresi linier dari tabel 4.3 dan tabel 4.4 dengan penentuan persamaan linier sebagai berikut :



Persamaan garis linier yang diperoleh adalah:

$$Y = 2,69X + 21,35 \text{ (untuk logam Cu)} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Y = 4,28X - 11,60 \text{ (untuk logam Zn)} \dots\dots\dots(4.2)$$

Berdasarkan tabel 3.4 dan tabel 4.4 secara statistik persamaan regresi linier juga dapat ditentukan yaitu dengan menentukan konstanta a dan b pada persamaan 3.2 dan diperoleh persamaan linier sebagai berikut:

Untuk logam Tembaga (Cu) didapat

$$a = 21,33$$

$$b = 2,70$$

sehingga diperoleh persamaan garis linier adalah

$$Y = 21,33 + 2,70X \dots\dots\dots(4.3)$$

Untuk logam Seng (Zn) didapat:

$$a = -11,59$$

$$b = 4,28$$

sehingga diperoleh persamaan garis linier adalah

$$Y = -11,59 + 4,28X \dots\dots\dots(4.4)$$

Untuk perhitungan ketidakpastian pengukuran yaitu ketidakpastian mutlak (KM) dan ketidakpastian relatif (KR) dari data menunjukkan bahwa hasil pengurangan  $X - X_{rata-rata}$ , untuk kedua variabel yaitu jenis logam Cu dan logam Zn adalah 0,00 artinya dalam melakukan penelitian tidak terjadi kesalahan pengukuran. Hal ini disebabkan karena nilai yang ditentukan merupakan nilai rata-rata arus listrik dari data yang bersifat menurun bukan data berulang.

## 4.2 Pembahasan

Pada tabel 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa untuk tiap variasi waktu 2 menit, 4 menit dan seterusnya mempunyai penurunan arus listrik yang berbeda untuk tiap waktu pengukuran, misalnya untuk logam Tembaga (Cu), pada waktu pembakaran 10 menit menunjukkan penurunan arus listrik yang relatif lambat untuk tiap waktu pengukuran dibandingkan dengan waktu pembakaran yang lain hanya berkisar antara 48,8 hingga 47,9 mikroampere, sedangkan untuk logam Seng (Zn) penurunan arus listrik untuk tiap waktu pembakaran terlihat lebih

stabil. Hal ini disebabkan karena sel galvani merupakan reaksi yang serta merta (spontan) yang sangat rentan terhadap pengaruh lingkungan sekitar, hal ini dapat berupa gangguan fisik misalnya terkena senggol, diterpa angin dan sebagainya yang dapat menyebabkan larutan dalam gelas ukur bergoyang. Pengaruh ini sangat berarti pada pengukuran arus listrik yang hanya berada pada kisaran mikroampere.

Tabel 4.1 dan 4.2 juga memperlihatkan arus listrik rata-rata pada logam Cu dan logam Zn menunjukkan kenaikan yang sangat berarti untuk masing-masing waktu pembakaran elektroda yang berbeda. Pada logam Cu arus listrik yang ditimbulkan sedikit lebih besar dibandingkan dengan logam Zn. Untuk logam Cu diperoleh dari 26,2 sampai 67,7 mikroampere, sedangkan untuk logam Zn diperoleh 2,1 hingga 59,6 mikroampere. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik antara kedua jenis logam berbeda, terutama pada saat kedua logam dikenai pengaruh pembakaran.

Hubungan antara waktu pembakaran dengan arus listrik dinyatakan dengan hasil perhitungan koefisien korelasi dari kedua jenis logam yaitu 0,9736 untuk Cu dan 0,9766 untuk Zn. Hasil kedua perhitungan memberikan nilai yang sangat tinggi mendekati koefisien korelasi maksimum yaitu 1, sehingga bisa diartikan pembakaran elektroda benar-benar mempunyai hubungan positif yang tinggi dengan aliran arus listrik pada sel Galvani. Kenyataan ini sesuai dengan dasar teori yang menyatakan bahwa semakin lama elektroda dibakar, maka arus listrik yang ditimbulkan juga akan semakin besar. Pembakaran yang lama akan memberikan energi yang tinggi dan akan dapat melepaskan elektron dari lintasannya. Sebaliknya pembakaran yang tidak lama akan menghasilkan energi yang kecil, sehingga tidak cukup untuk melebihi energi ikat inti terhadap elektron. Hal ini akan menimbulkan pengaruh terhadap tingkat oksidasi pada suatu logam yang ditunjukkan oleh besarnya arus listrik yang dihasilkan.

Pengaruh waktu pembakaran elektroda terhadap arus listrik ditunjukkan oleh grafik hubungan antara waktu pembakaran elektroda dengan arus listrik yang ditimbulkan (grafik 4.1 dan 4.2) dengan persamaan garis linier yang diperoleh adalah persamaan (4.1) dan (4.2). Penentuan garis linier ini juga dilakukan dengan

menggunakan statistik dan persamaan yang didapat adalah persamaan (4.3) dan (4.4). Hasil kedua metode ini menunjukkan adanya sedikit perbedaan seharusnya kedua metode ini akan menghasilkan nilai yang sama. Hal ini disebabkan oleh faktor perhitungan saja yaitu pembulatan angka desimal. Jika kedua metode ini menggunakan pembulatan satu angka desimal maka keduanya diperoleh persamaan yang sama yaitu  $Y = 2,7X + 21,3$  untuk logam Cu dan  $Y = 4,3X - 11,6$  untuk logam Zn.

Secara umum dapat dijelaskan bahwa yang menentukan tingkat pengaruh waktu pembakaran elektroda terhadap arus listrik pada sel Galvani adalah struktur atom dari kedua jenis logam yang bisa ditinjau dari letak logam tersebut dalam sistem periodik unsur. Logam Cu dan Zn merupakan unsur transisi, berdasarkan periodenya logam Cu dan Zn menempati periode yang sama, sehingga periode kedua logam tidak memberikan pengaruh. Sedangkan berdasarkan golongannya logam Cu menempati golongan IB dan Zn pada golongan IIB, hal ini menunjukkan adanya perbedaan pada jumlah elektron yang dimiliki oleh kedua logam. Logam Cu memiliki jumlah elektron 29 buah dan terletak di sebelah kiri logam Zn yang memiliki elektron 30 buah. Dalam satu periode makin ke kanan jari-jari atomnya makin kecil karena jumlah elektronnya semakin banyak. Jari-jari atom yang kecil menyebabkan suatu atom lebih mudah melepas elektron karena energi ikat inti terhadap elektron juga semakin lemah.

Akibat perbedaan struktur atom antara logam Cu dan Zn akan berpengaruh saat terjadi proses pembakaran elektroda logam, pada logam Cu akan lebih sulit melepas elektronnya dari pada logam Zn. Lepasnya elektron inilah yang mempengaruhi laju oksidasi suatu unsur sehingga arus listrik yang dihasilkan oleh sel Galvani akan berbeda antara logam Cu dan Zn. Struktur atom ini juga menyebabkan pada logam Cu akan diperoleh aliran arus listrik lebih besar pada awal pembakaran.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) hubungan waktu pembakaran elektroda logam dengan aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) adalah korelasi langsung atau positif dengan koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu 0,9736 untuk logam Tembaga (Cu) dan 0,9766 untuk logam Seng (Zn);
- 2) pengaruh waktu pembakaran terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani adalah lebih berpengaruh pada logam Zn dibandingkan dengan logam Cu dengan persamaan linier  $Y = 2,7X + 21,3$  untuk logam Cu dan  $Y = 4,3X - 11,6$ .

### 5.2 Saran

Sebagai pertimbangan dalam perkembangan penelitian yang ada hubungannya dengan sel galvani, maka disarankan agar penelitian ini dikembangkan dengan:

- 1) menggunakan variasi jenis logam sebanyak-banyaknya;
- 2) menentukan tegangan untuk tiap-tiap waktu pembakaran elektroda;
- 3) menggunakan jenis dan konsentrasi larutan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Hiskia. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia (Penuntun Kimia Dasar)*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Alonso-Finn. 1994. *Fisika Universitas Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Atkins, P.W. 1994. *Kimia Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, David & Resnick, Robert. 1992. *Fisika Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Hidayat, Dedi. 2000. *Prinsip-prinsip Fisika*. Jakarta: Yudhistira.
- Keenan, Charles W, dkk. 1999. *Ilmu Kimia Untuk Universitas Jilid I dan II*. Jakarta: Erlangga.
- Kokelaar. 1983. *Tehnik Listrik Jilid I*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Petrucci, R.H. & Suminar. 1993. *Kimia Dasar (Prinsip dan Terapan Modern) Jilid III*. Jakarta: Erlangga.
- Spiegel, M.R. 1996. *Teori dan Soal-soal Statistika Edisi Kechua*. Jakarta: Erlangga.
- Sudjana. 1996. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Suwardi & Poertadji,S. 1986. *Buku Materi Pokok Fisika*. Jakarta: Karunia - Universitas Terbuka.
- Syukri,S. 1999. *Kimia Dasar Jilid III*. Bandung: ITB Press.
- Trethewey, K.R. & Chamberlain, J. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Perekayasaan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Yahya, M. Utoro. 1986. *Buku Materi Pokok Kimia*. Jakarta: Karunika - Universitas Terbuka.

## Matrik Penelitian

JUDUL	MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
Pengaruh Waktu Pembakaran Elektroda Logam Terhadap Aliran Arus Listrik pada Sel Galvani	1. Adakah hubungan waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel Galvani dari logam Tembaga (Cu) dan Seng (Zn)? 2. Seberapa besar pengaruh waktu pembakaran elektroda logam terhadap aliran arus listrik pada sel galvanis dari logam Cu dan Zn?	1. Variabel Bebas - Waktu pembakaran elektroda logam. 2. Variabel Terikat - aliran arus listrik.	- Waktu yang diperlukan untuk membakar salah satu elektroda logam (t). - Besarnya aliran arus listrik I dalam mikroampere.	Data diperoleh dari hasil eksperimen melalui penetapan waktu pembakaran dan pengukuran aliran arus listrik.	1. Tempat Penelitian Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika FKIP Universitas Jember. 2. Analisa Data Analisa grafik a. Statistik - Korelasi Produk momen $r = \frac{(n\sum XY - (\sum X)(\sum Y))}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$ - Regresi linier $Y = a + bX$ $b = \frac{(n\sum XY - \sum X\sum Y)}{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)}$ $a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n}$ b. Analisa grafik Grafik menghubungkan variabel waktu pembakaran X dengan variabel aliran arus listrik Y.

## Lampiran II

## Perhitungan

1. Perhitungan koefisien korelasi antara waktu pembakaran dan aliran arus listrik dengan persamaan 3.1:

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

- Untuk Logam Cu

$$r = \frac{(8 * 3736,2) - (72 * 364,8)}{\sqrt{[(8 * 816,0) - 5184] [(8 * 17889,54) - 133079,04]}}$$

$$r = 0,9736$$

- Untuk Logam Zn

$$r = \frac{(8 * 265,2) - (72 * 215,2)}{\sqrt{[(8 * 816,0) - 5184] [(8 * 8934,58) - 46311,04]}}$$

$$r = 0,9766$$

2. Penentuan persamaan regresi linier secara statistik dengan persamaan 3.2:

$Y = a + bX$  dengan :

$$a = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \text{dan} \quad b = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

- Untuk Logam Cu

$$a = \frac{(816,0 * 364,8) - (72 * 3736,2)}{(8 * 816,0) - 5184} \quad \text{dan} \quad b = \frac{(8 * 3736,2) - (72 * 364,8)}{(8 * 816,0) - 5184}$$

$$a = 21,33$$

$$b = 4,28$$

Persamaan garis yang didapat adalah  $Y = 21,33 + 2,70X$

- Untuk Logam Zn

$$a = \frac{(816,0 * 215,2) - (72 * 2655,2)}{(8 * 816,0) - 5184} \quad \text{dan} \quad b = \frac{(8 * 2655,2) - (72 * 215,2)}{(8 * 816,0) - 5184}$$

$$a = -11,59$$

$$b = 4,28$$

Persamaan linier yang didapat adalah  $Y = -11,59 + 4,28X$