

**ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA MEMANFAATKAN LOGAM  
BEKAS**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Devi Yulianti  
1017041026**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2016**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA MEMANFAATKAN LOGAM BEKAS**

**Oleh**

**DEVI YULIANTI**

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis logam bekas sebagai sel volta. Tujuan penelitian adalah memanfaatkan logam bekas sebagai sumber energi listrik alternatif dan sebagai sel volta untuk baterai. Bahan yang digunakan terdiri atas elektroda tembaga (Cu), besi (Fe), aluminium (Al) dan seng (Zn), larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , larutan  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , larutan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan larutan  $\text{FeSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , agar-agar dan garam NaCl. Pasangan elektroda yang digunakan yaitu Cu-Al, Cu-Fe, Cu-Zn, Al-Zn dan Fe-Zn. Variasi volume yang dilakukan yaitu 20 ml, 25 ml, 30 ml, 35 ml dan 40 ml. Data tegangan dan arus diambil dengan menggunakan multimeter pada pengukuran masing-masing sel, tanpa beban, dengan beban dan penambahan beban. Hasil penelitian dianalisis nilai daya, arus dan tegangan dengan hasil paling besar pada pasangan elektroda Cu-Zn, yaitu 14,949 mW, 3,05 mA, dan 4,96 V.

Kata kunci: Arus, logam bekas, sel volta.

## ABSTRACT

### ANALYSIS ELECTRICAL CELL VOLTA UTILIZE SCRAP METALS

By

DEVI YULIANTI

*It has been conducted a research to analyze the scrap metals as voltaic cells. The research objective was to utilize scrap metals as an alternative source of electrical energy and as a voltaic cell to the battery. The materials required consist of a electrode copper (Cu), iron (Fe), aluminum (Al) and zinc (Zn), solution of  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , solution of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , solution of  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  and solution of  $\text{FeSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , jelly powder and salt NaCl. The electrode couple are Cu-Al, Cu-Fe, Cu-Zn, Al-Zn and Fe-Zn. Volume variation are 20 ml, 25 ml, 30 ml, 35 ml and 40 ml. Data of the voltage and current taken using a multimeter on each cell, without a load, with a load and additional load. The results of the research were analyzed the value of power, current and voltage with the greatest results in Cu-Zn electrode pair. The results are 14,949 mW, 3,05 mA and 4,96 V.*

Keyword : Cell volta, current, scrap metals.

**ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA MEMANFAATKAN LOGAM  
BEKAS**

**Oleh**

**DEVI YULIANTI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi : **ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA  
MEMANFAATKAN LOGAM BERAS**

Nama Mahasiswa : **Devi Yulianti**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1017041026**

Jurusan : **4. Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



  
**Drs. Anir Supriyanto, M.Si**  
NIP. 19650407 199111 1 001

  
**Gurun Ahmad Fauzi, S.Si, M.T.**  
NIP. 19801010 200501 1 002

**2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA**



**Dr. Devi Yulianti, S.Si, M.Si**  
NIP. 19751219 200012 2 003

MENGESAIKAN

L. Tim Pengaji

Ketua

Dr. Amir Supriyanto, M.Si.



Sekretaris

Garun Ahmad Paudi, S.Si., M.T.



Penguji

Bahan Pembimbing : Prof. Dr. Warim, S.Si., D.E.A.



Deputi Dekan Matematika dan Ilmu Pengajaran Alam

Prof. Dr. Warim, S.Si., D.E.A.  
NIP. 197102121995121001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Mei 2016

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, kecuali yang tertulis disebut dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 3 Mei 2016

Devi Yulianti  
NPM.1017041026

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Devi Yulianti dilahirkan di Bandar Lampung, 21 Juli 1992, anak ketiga dari pasangan Bapak Jasman dan Ibu Neneng Kartika Sari. Penulis menempuh pendidikan dasar pada tahun 1998 di SDN 2 Perumnas Way Halim, Bandar Lampung. Pada tahun 2004 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Al-Kautsar Bandar Lampung. Kemudian pada tahun 2007 melanjutkan pendidikan di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2010.

Tahun 2010 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Kemudian penulis memilih bidang keilmuan Fisika Instrumentasi sebagai bidang yang ditekuni. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Pertamina (Persero) TBBM Panjang Bandar Lampung pada semester genap tahun ajaran 2013/2014.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota kepengurusan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) di bidang Sains dan Teknologi pada periode tahun 2011-2012. Selain itu penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar, Eksperimen Fisika, Sains Dasar, Fisika Komputasi dan Basis Data.



## PERSEMBAHAN

*Bismillahirrohmanirrohim*

Dengan ketulusan dan segala kerendahan hati serta rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kasih sayang dan segala nikmat-Nya, kupersembahkan karya kecil ini kepada:

Kedua orang tua, **Ibu Neneng Kartika Sari dan Bapak Jasman**  
“Terima kasih atas kasih sayang, semangat, pengorbanan dan selalu menyebut namaku dalam setiap bait do’a yang mereka panjatkan untuk kelancaran dan keberhasilanku”

**Adithya Agus Saputra dan Ade Fazriansyah beserta Keluarga Besarku**  
“Terima kasih atas semua do’a dan dukungannya”

Serta Almamater Tercita

**“UNIVERSITAS LAMPUNG”**

## **MOTTO**

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan”  
**(QS. Al-Insyirah: 5-6)**

“Barangsiapa yang merintis jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.”  
**(H.R. Muslim)**

*“Do it now. Sometimes later becomes never”*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warohmatulllah Wabarakatuh,*

*Alhamdulillah rabbil'amin.* Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa memberikan nikmat iman dan menganugerahkan rahmat, kasih sayang dan ilmu pengetahuan kepada manusia.

Skripsi yang berjudul “Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas”, disusun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh untuk mendapat gelar Sarjana Sains dari Universitas Lampung. Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kelemahan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun terhadap kelanjutan dan hasil yang akan dicapai. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 3 Mei 2016

Penulis,

**Devi Yulianti**

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang selalu tulus mendukung, membantu, membimbing dan mendoakan dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku pembimbing I yang selalu memberikan ilmu dengan tulus, sabar dan ikhlas serta atas kesediaan beliau dalam meluangkan waktunya selama penelitian.
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si, M.T. selaku pembimbing II yang selalu memberikan saran dan nasehatnya, sehingga memotivasi penulis menjadi lebih baik.
3. Bapak Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A. selaku penguji dan Dekan FMIPA Unila atas kritik dan sarannya demi penelitian yang lebih baik.
4. Ibu Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si. dan Bapak Dr. Eng. Bambang Joko Suroto, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, M.Si. selaku ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila beserta dosen dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA Unila.

6. Kedua orang tua atas segala pengorbanan, kesabaran, kasih sayang, dan do'anya yang tulus selama ini.
7. Kakak, Abang dan seluruh keluarga besar atas dukungan dan semangatnya.
8. Teman-teman seperjuangan Fisika 2010 khususnya Suci, Meta, Riza, Irene, Helrita, Alvi, Rita, Ulum, Fina, Anisa, dan Muji.
9. Teman-teman angkatan 2009, 2011 dan 2012. Serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. *Aamiin Yaa Rabbal 'Alamiin.*

Bandar Lampung, 3 Mei 2016

Penulis

**Devi Yulianti**

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWANCANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	5

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait .....	6
2.2. Dasar-dasar Elektrokimia .....	8
2.3. Sel Galvani .....	11
2.4. Sel Elektrolisis .....	12
2.5. Prinsip Sel Volta .....	13
2.6. Deret Elektrokimia .....	14
2.7. Baterai .....	16
2.8. Baterai Primer .....	17
2.9. Baterai Sekunder .....	21
2.10. Jembatan Garam .....	24
2.11. Sifat Logam .....	26
2.12. Karakteristik Logam Seng (Zn) .....	27
2.13. Karakteristik Logam Besi (Fe) .....	27
2.14. Karakteristik Aluminium (Al) .....	28
2.15. Karakteristik Tembaga (Cu) .....	28
2.16. Arus Listrik .....	29
2.17. Hambatan .....	31
2.18. Beda Potensial Listrik .....	32

## III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	33
3.3. Prosedur Penelitian .....	34
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	36
3.5. Metode Analisis .....	37
3.6. Tabel Pengamatan .....	37

## IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian .....	39
4.2. Pembahasan .....	41
4.2.1. Pengukuran pada Masing-masing Sel dengan Variasi Bahan Elektroda dan Volume .....	43
4.2.2. Pengukuran tanpa Beban dengan Variasi Bahan Elektroda dan Volume .....	48
4.2.3. Pengukuran dengan Beban pada Variasi Bahan Elektroda dan Volume .....	52
4.2.4. Pengukuran dengan Penambahan Beban .....	78

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan .....	89
5.2. Saran .....	89

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
2.1. Baterai Merkuri .....	18
2.2. Baterai Perak Oksida .....	19
2.3. Baterai Litium .....	20
2.4. Aki Timbal .....	22
2.5. Baterai Nikel Kadmium .....	23
3.1. Rangkaian Alat .....	35
3.2. Diagram Alir Penelitian .....	36
4.1. Sel tempat uji keanekaragaman logam bekas .....	39
4.2. Rangkaian Secara Keseluruhan .....	40
4.3. Grafik hubungan tegangan dan volume dengan bahan elektroda Cu-Al .....	48
4.4. Grafik hubungan tegangan dan volume dengan bahan elektroda Cu-Fe .....	49
4.5. Grafik hubungan tegangan dan volume dengan bahan elektroda Cu-Zn .....	50
4.6. Grafik hubungan tegangan dan volume dengan bahan elektroda Al-Zn .....	51
4.7. Grafik hubungan tegangan dan volume dengan bahan elektroda Fe-Zn .....	51
4.8. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 20 ml .....	53
4.9. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 25 ml .....	54
4.10. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 30 ml .....	55
4.11. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 35 ml .....	56
4.12. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 40 ml .....	57
4.13. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Fe pada volume 20 ml .....	58
4.14. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Fe pada volume 25 ml .....	59
4.15. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Fe pada volume 30 ml .....	60
4.16. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Fe pada volume 35 ml .....	61

4.17. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Fe pada volume 40 ml .....	62
4.18. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Zn pada volume 20 ml .....	63
4.19. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Zn pada volume 25 ml .....	64
4.20. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Zn pada volume 30 ml .....	65
4.21. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 35 ml .....	66
4.22. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 40 ml .....	67
4.23. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Al-Zn pada volume 20 ml .....	68
4.24. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Al-Zn pada volume 25 ml .....	69
4.25. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Al-Zn pada volume 30 ml .....	70
4.26. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Al-Zn pada volume 35 ml .....	71
4.27. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Al-Zn pada volume 40 ml .....	72
4.28. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Fe-Zn pada volume 20 ml .....	73
4.29. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Fe-Zn pada volume 25 ml .....	74
4.30. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Fe-Zn pada volume 30 ml .....	75
4.31. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Fe-Zn pada volume 35 ml .....	76
4.32. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Fe-Zn pada volume 40 ml .....	77
4.33. Hasil keluaran pasangan elektroda Cu-Al dengan 6 buah LED pada volume 40 ml .....	78
4.34. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Al pada volume 40 ml dengan beban 6 buah LED .....	79
4.35. Hasil keluaran pasangan elektroda Cu-Fe dengan 6 buah LED pada volume 40 ml .....	80
4.36. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Fe pada volume 40 ml dengan beban 6 buah LED .....	81
4.37. Hasil keluaran pasangan elektroda Cu-Zn dengan 10 buah LED pada volume 40 ml .....	82
4.38. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Cu-Zn pada volume 40 ml dengan beban 10 buah LED .....	82
4.39. Hasil keluaran pasangan elektroda Al-Zn dengan 2 buah LED pada volume 40 ml .....	83
4.40. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Al-Zn pada volume 40 ml dengan beban 2 buah LED .....	84

4.41. Hasil keluaran pasangan elektroda Fe-Zn dengan 3 buah LED pada volume 40 ml .....	85
4.42. Grafik hubungan arus terhadap tegangan dengan bahan elektroda Fe-Zn pada volume 40 ml dengan beban 3 buah LED .....	85
4.43. Grafik hubungan daya terhadap pasangan elektroda.....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
2.1. Potensial Elektroda Standar .....	14
2.2. Lanjutan .....	15
3.1. Hasil Pengukuran Pasangan Elektroda tanpa beban .....	37
3.2. Hasil Pengukuran Pasangan Elektroda dengan beban.....	37
3.3. Hasil Pengukuran Tegangan Masing-masing Sel .....	38
3.4. Hasil Pengukuran Beban Maksimum dari Pasangan Elektroda.....	38
4.1. Data pengamatan tegangan masing-masing sel pada pasangan elektroda Cu-Al .....	43
4.2. Data pengamatan tegangan masing-masing sel pada pasangan elektroda Cu-Fe .....	44
4.3. Data pengamatan tegangan masing-masing sel pada pasangan elektroda Cu-Zn.....	45
4.4. Data pengamatan tegangan masing-masing sel pada pasangan elektroda Al-Zn .....	46
4.5. Data pengamatan tegangan masing-masing sel pada pasangan elektroda Fe-Zn .....	47
4.6. Data pengamatan Intensitas Cahaya pada Pasangan Elektroda Cu-Zn Dengan volume 40 ml .....	88

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Listrik memegang peranan yang penting dalam kehidupan. Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat mesin industri.

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia maka kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Kebutuhan listrik di Jawa Bali mencapai 23.900 MW, kebutuhan listrik di Kalimantan Barat sebesar 406 MW, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan sebesar 543 MW, Sumatera Bagian Utara sebesar 1.788 MW, Sumatera Bagian Selatan 1.493 MW dan Provinsi Lampung 342 MW. Berdasarkan data ini diperkirakan kebutuhan listrik akan semakin bertambah setiap tahunnya pada setiap daerah. (Berita daerah, 2014).

Kebutuhan energi listrik yang tidak diiringi dengan peningkatan produksi energi akan menyebabkan Indonesia mengalami krisis energi. Dalam kurun waktu  $\pm 10$  tahun kedepan diperkirakan Indonesia akan mengalami krisis energi jika tidak segera dikembangkan sumber energi alternatif.

Sumber energi alternatif bertujuan untuk menggantikan sumber energi yang tidak dapat diperbarukan. Sehingga pemanfaatan bahan-bahan yang sudah tidak terpakai sangat menguntungkan apabila dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Salah satunya yang dapat digunakan untuk sumber energi listrik alternatif adalah logam bekas.

Logam bekas yang tidak digunakan lagi dapat dimanfaatkan sebagai elektroda pembentuk energi listrik alternatif. Logam yang terdapat pada kabel bekas, seng bekas, baterai bekas bisa dimanfaatkan sebagai elektroda. Elektroda yang digunakan yaitu Zn, Al, Fe dan Cu digunakan sebagai sumber elektron yang teroksidasi selama reaksi elektrokimia, sehingga diantara keduanya terjadi beda potensial. Beda potensial ini dapat menghasilkan arus listrik yang bisa menghasilkan energi listrik. Beda potensial dan arus listrik diukur dengan multimeter pada masing-masing elektroda. Sehingga pada penelitian ini akan didapatkan hasil beda potensial, kuat arus listrik dan daya yang dihasilkan dari logam bekas.

Penelitian mengenai sumber energi alternatif listrik sudah ada yang melakukannya yaitu dengan pemanfaatan limbah buah jeruk yang digunakan sebagai pengganti energi listrik khususnya untuk bio-baterai. Penelitian yang dilakukan oleh Imamah (2013) ini bertujuan untuk mengetahui efek kelistrikan yang ditimbulkan oleh variasi bahan elektroda.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi, yaitu variasi elektroda dan variasi jarak. Pada hasil didapatkan bahwa dari berbagai variasi tersebut memberikan efek tentang nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Begitu juga dengan lama nyala LED yang dihasilkan dari berbagai macam bahan elektroda. Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa pengukuran bio-baterai tunggal menunjukkan bahwa bahan elektroda mempengaruhi nilai arus dan tegangan. Kekurangan dari penelitian yaitu jarak yang terlalu jauh sehingga arus yang dihasilkan kecil dan elektroda yang tidak berbentuk lempeng. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Udi dan Fredy (2013) yaitu simulasi prototipe *on field battery* melalui pemanfaatan perbedaan salinitas dengan beberapa pasangan elektroda. Pendekatan yang digunakan untuk simulasi, yaitu sel konsentrasi elektrolitik yang dipisahkan oleh jembatan garam berisi natrium klorida. Dari hasil pengujian yang dilakukan, pasangan elektroda alumunium-tembaga menghasilkan daya yang paling tinggi yaitu 373,1314  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Kekurangan teknik *on field battery* ini yaitu daya yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan akibat pasivasi pada permukaan elektroda.

Penelitian yang akan kami lakukan yaitu menganalisis keanekaragam sel volta dengan memanfaatkan kembali logam bekas sebagai elektroda. Pada penelitian akan menggunakan beberapa elektroda yaitu Zn, Al, Fe dan Cu. Perbedaan dari penelitian sebelumnya yaitu pada bahan elektroda, larutan elektrolit dan jembatan garam. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai suatu energi listrik alternatif berbahan logam yang tidak terpakai.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

- a. Bagaimana merancang dan membuat energi listrik alternatif berbahan logam bekas.
- b. Bagaimana menghasilkan arus dan tegangan dengan menggunakan bahan logam bekas.
- c. Bagaimana hubungan tegangan sel dengan arus listrik pada kinerja sel volta.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu.

- a. Memanfaatkan logam bekas sebagai sumber energi listrik alternatif dan menghasilkan sel volta untuk baterai.
- b. Menentukan hubungan tegangan sel dengan arus listrik pada kinerja sel volta sebagai daya yang dihasilkan.
- c. Mengetahui besarnya energi yang dihasilkan dari logam Zn, Al, Fe dan Cu.

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut.

- a. Penelitian dilakukan dengan menggunakan logam bekas Zn, Al, Fe dan Cu.
- b. Jembatan garam yang digunakan yaitu agar-agar dengan garam NaCl.
- c. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui arus dan tegangan pada energi listrik yang dihasilkan.



- d. Larutan yang digunakan yaitu larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .
- e. Pengujian dilakukan dengan LED.
- f. Pengukuran dilakukan pada 20 sel media uji.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut.

- a. Menghasilkan energi alternatif berbahan logam bekas.
- b. Mengetahui efek variasi bahan elektroda terhadap kelistrikan yang dihasilkan oleh logam bekas.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terkait

Penelitian yang telah dilakukan oleh Imamah (2013) ini bertujuan untuk mengetahui efek kelistrikan yang ditimbulkan oleh variasi bahan elektroda yang terdapat pada limbah buah jeruk memberikan manfaat bahwa limbah jeruk dapat digunakan sebagai pengganti energi listrik khususnya untuk bio baterai. Penelitian dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi yaitu variasi bahan elektroda seperti tembaga (Cu), aluminium (Al), besi (Fe), timah (Pb) dan kuning. Variasi jarak mulai dengan 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm serta variasi hambatan mulai 1 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$ , 100 k $\Omega$ , 1 M $\Omega$ , 10 M $\Omega$  dengan menggunakan 3 parameter pengukuran yaitu pengukuran arus dan tegangan bio-baterai tunggal, pengukuran bio-baterai secara seri paralel serta pengukuran tegangan dan lama nyala LED pada rangkaian seri paralel. Pada hasil didapatkan bahwa dari berbagai variasi tersebut memberikan efek tentang nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Begitu juga dengan lama nyala LED yang dihasilkan dari berbagai macam bahan elektroda. Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa pengukuran bio-baterai tunggal menunjukkan bahwa bahan elektroda mempengaruhi nilai arus dan tegangan (Imamah, 2013).

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Notianingsih dan Yusman (2013) bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi jenis elektroda, luas penampang elektroda dan jarak antar elektroda terhadap tegangan yang dihasilkan oleh sel volta ekstrak buah apel, mengetahui penurunan arus listrik sebagai fungsi waktu, mengetahui penurunan tegangan sel sebagai fungsi waktu dan menentukan hubungan tegangan sel dengan arus listrik pada kinerja sel volta. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan elektrolit asam malat ( $\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CHOHCO}_2\text{H}$ ) dari ekstrak buah apel. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tegangan sel yang dihasilkan oleh sel volta apel dan arus listrik yang dihasilkan pada uji kinerja sel volta apel. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian adalah variasi jenis elektroda, luas penampang elektroda dan jarak antar elektroda. Variabel-variabel yang dikontrol dalam penelitian adalah volume larutan elektrolit sebesar 300 ml dan suhu ruangan  $28^\circ\text{C}$ . Hasil penelitian memperlihatkan bahwa variasi jenis elektroda, variasi luas penampang elektroda dan variasi jarak antar elektroda mempengaruhi besar tegangan sel yang dihasilkan pada sel volta apel. Tegangan sel terbesar dihasilkan pada pasangan elektroda Mg-Cu, dengan luas penampang  $5,5 \text{ cm}^2$ , dan jarak elektroda 1,5 cm.

Berbeda pada penelitian yang dilakukan oleh Wardani dan Yusman (2014), bertujuan untuk mengetahui hal-hal yang mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh sel volta serta menyelidiki kinerja sel volta setelah pembebanan. Beberapa hal yang menjadi fokus penelitian adalah besarnya tegangan keluaran sel volta akibat dari jarak antar elektroda, luas penampang elektroda tercelup, dan konsentrasi larutan elektrolit. Sel volta yang digunakan terdiri dari sepasang elektroda Aluminium (Al) dan Tembaga (Cu) berukuran 10 cm yang dicelupkan

pada larutan elektrolit ekstrak buah jeruk nipis sebanyak 250 ml yang ditempatkan pada balok kaca. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak antar elektroda, luas penampang elektroda dan konsentrasi larutan sari buah jeruk nipis. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian, variabel jarak antar elektroda dan luas penampang elektroda tidak mempengaruhi besarnya tegangan yang dihasilkan sel volta. Konsentrasi larutan mempengaruhi besarnya tegangan sel volta, semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin tinggi tegangan yang dihasilkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fadli dkk (2012) yaitu menganalisis kinerja buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) sebagai larutan elektrolit. Modifikasi desain sel volta dilakukan dengan variasi luas lempeng elektroda, jarak elektroda dan volume larutan elektrolit. Hasil eksperimen menunjukkan ketidakbergantungan tegangan terhadap variabel-variabel tersebut.

## **2.2. Dasar-dasar Elektrokimia**

Elektrokimia merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik. Elektrokimia dapat diaplikasikan dalam berbagai keperluan manusia, seperti keperluan sehari-hari dalam skala rumah tangga dan industri-industri besar seperti industri yang memproduksi bahan-bahan kimia baik organik maupun anorganik, farmasi, polimer, otomotif, perhiasan, pertambangan, pengolahan limbah dan bidang analisis.

Penggunaan elektrokimia diantaranya adalah.

- a. Sel galvani, yaitu sel yang didasarkan pada reaksi kimia yang dapat menghasilkan arus listrik, seperti baterai, aki dan sel bahan bakar (*fuel cell*).
- b. Sel elektrolisis, yaitu sel yang didasarkan pada reaksi kimia yang memerlukan arus listrik.

Peralatan elektrokimia minimal terdiri dari tiga komponen penting yaitu anoda, katoda dan elektrolit. Anoda adalah elektroda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi, elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit. Anoda berupa logam penghantar listrik, pada sel elektrokimia anoda akan terpolarisasi jika arus listrik mengalir ke dalamnya. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Pada sel galvani (baterai) maupun sel elektrolisis, anoda merupakan tempat berlangsung reaksi oksidasi. Katoda merupakan elektroda yang terpolarisasi jika arus listrik mengalir keluar darinya. Pada baterai biasa (baterai karbon-seng), yang menjadi katoda adalah seng, yang juga menjadi pembungkus baterai. Sedangkan, pada baterai alkalin, yang menjadi katoda adalah mangan dioksida ( $MnO_2$ ).

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ionnya. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut zat terlarut atau solute, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak daripada zat-zat lain dalam larutan disebut pelarut atau solven. Komposisi zat terlarut dan pelarut dalam larutan dinyatakan konsentrasi larutan, sedangkan proses pencampuran zat terlarut dan pelarut membentuk larutan disebut pelarutan atau solvasi. Larutan terdiri dari larutan non elektrolit dan larutan elektrolit. Larutan non elektrolit adalah larutan

yang tidak menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan mudah. Ion-ion merupakan atom bermuatan elektrik. Elektrolit dapat berupa senyawa garam, asam atau amfoter. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa dan garam. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh garam dapur atau NaCl (Lamy et al, 2001).

Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan electron-elektron bebas dari suatu logam kepada komponen di dalam larutan. Keseimbangan reaksi elektrokimia sangat penting dalam sel galvani (sel yang menghasilkan arus listrik) dan sel elektrolisis (sel yang menggunakan/memerlukan arus listrik). Dalam bidang elektrokimia antara sel galvani dan sel elektrolisis terdapat perbedaan yaitu berhubungan dengan reaksi spontan dan tidak spontan. Sel galvani secara umum terjadi reaksi spontan, sedangkan sel elektrolisis terjadi reaksi tidak spontan. Reaksi spontan artinya reaksi elektrokimia tidak menggunakan energi atau listrik dari luar, sedangkan reaksi tidak spontan yaitu reaksi yang memerlukan energi atau listrik.

Suatu sel elektrokimia dapat terjadi secara spontan atau tidak spontan, dapat diperkirakan dari nilai potensial sel atau  $E^{\circ}_{sel}$ . Jika potensial sel bernilai positif, maka reaksi redoks berlangsung spontan. Sebaliknya jika potensial sel bernilai negatif maka reaksi tidak berlangsung spontan.

Nilai  $E^{\circ}_{\text{sel}}$  ditentukan dengan rumus berikut.

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{reduksi}} - E^{\circ}_{\text{oksidasi}} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

$E^{\circ}_{\text{reduksi}}$  = nilai potensial elektroda standar pada elektroda yang mengalami reduksi;

$E^{\circ}_{\text{oksidasi}}$  = nilai potensial elektroda standar pada elektroda yang mengalami oksidasi.

Elektroda yang memiliki potensial reduksi lebih kecil akan mengalami oksidasi, sebaliknya elektroda yang potensial reduksinya lebih besar akan mengalami reduksi (Riyanto, 2013).

### 2.3. Sel Galvani

Sel Galvani yaitu sel yang menghasilkan arus listrik. Pada sel galvani, anoda berfungsi sebagai elektroda bermuatan negatif dan katoda bermuatan positif. Arus listrik mengalir dari katoda menuju anoda. Reaksi kimia yang terjadi pada sel galvani berlangsung secara spontan.

Syarat – syarat sel galvani yaitu.

- a. Reaksi redoks terjadi secara spontan.
- b. Hasil reaksi menghasilkan energi.
- c.  $G^{\circ} < 0$  dan  $E^{\circ}_{\text{sel}}$  adalah positif.

Contoh dari sel galvani adalah baterai, sel bahan bakar, baterai Pb dengan elektrolit asam yang digunakan dalam mobil, *fuel cell* berbahan bakar gas hydrogen, etanol dan metanol.

#### **2.4. Sel Elektrolisis**

Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk dapat berlangsung reaksi kimia. Pada sel elektrolisis, reaksi kimia tidak terjadi secara spontan tetapi melalui perbedaan potensial yang dipicu dari luar system. Anoda berfungsi sebagai elektroda bermuatan positif dan katoda bermuatan negative, sehingga arus listrik mengalir dari anoda ke katoda. Sel ini terdiri dari sumber arus searah yang dihubungkan dengan kawat penghantar pada dua buah elektroda (katoda dan anoda), kedua ujung elektroda dicelupkan dalam bejana berisi cairan elektrolit. Elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif berfungsi sebagai anoda, sedangkan katoda adalah elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif. Elektroda yang digunakan dalam sel elektrolisis terdiri dari dua jenis yaitu.

- a. Elektroda inert adalah elektroda yang tidak ikut bereaksi baik sebagai katoda maupun anoda, sehingga dalam sel elektrolisis yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit sebagai zat terlarut dan atau air sebagai pelarut. Contohnya adalah karbon (C) dan platina (Pt).
- b. Elektroda tidak inert atau elektroda aktif adalah elektroda yang ikut bereaksi, terutama jika digunakan sebagai anoda, dapat mengalami reduksi. Contohnya adalah Fe, Al, Cu, Zn, Ag dan Au.



## 2.5. Prinsip Sel Volta

Sel volta atau sel galvanik adalah suatu sel elektrokimia yang terdiri atas dua buah elektrode yang dapat menghasilkan energi listrik akibat terjadinya reaksi redoks secara spontan pada kedua elektroda tersebut. Sel volta terdiri atas elektroda negatif tempat berlangsungnya reaksi oksidasi yang disebut anoda, dan elektroda positif tempat berlangsungnya reaksi reduksi yang disebut katoda.

Bila dua logam dicelupkan dengan kecenderungan ionisasi yang berbeda dalam larutan elektrolit dan menghubungkan kedua elektroda dengan kawat, sebuah sel volta akan tersusun. Pertama, logam dengan kecenderungan ionisasi yang lebih besar akan teroksidasi, menghasilkan kation yang terlarut dalam larutan elektrolit. Kemudian elektron yang dihasilkan akan bermigrasi ke logam dengan kecenderungan ionisasi lebih rendah melalui kawat. Pada logam dengan kecenderungan ionisasi lebih rendah, kation yang terlarut dalam larutan elektrolit akan direduksi dengan adanya elektron yang mengalir ke logam tersebut (Sodikin dkk, 2013).

Pemanfaatan mikroalga sebagai baterai ramah lingkungan, menggunakan prinsip kerja sel volta. Sel volta merupakan bahan kimia dan penghantar listrik yang membawa aliran elektron dari suatu kimia yang teroksidasi ke zat kimia yang tereduksi. Prinsip kerja sel volta, yaitu oksidasi melepaskan elektron oleh atom, molekul atau ion dan reduksi memperoleh elektron oleh suatu partikel (Keenan, 1980).

Potensial sel volta dapat ditentukan melalui percobaan dengan menggunakan voltmeter atau potensiometer. Potensial sel volta dapat juga dihitung berdasarkan

data potensial elektroda positif (katoda) dan potensial elektroda negatif (anoda). Katoda adalah elektroda yang mempunyai harga  $E^0$  lebih besar (lebih positif), sedangkan anoda adalah yang mempunyai  $E^0$  lebih kecil (lebih negatif) (Dogra, 1990).

## 2.6. Deret Elektrokimia (Deret Volta)

Deret elektrokimia atau deret volta merupakan urutan logam-logam berdasarkan kenaikan potensial elektroda standarnya. Umumnya deret volta yang sering dipakai yaitu : Zn, Ni, Sn, Ca, Li, Ba, Na, K, Mg, Fe, Mn, Pb, Al (H), Hg, Au, Cu, Ag, Pt. Pada deret volta, unsur logam dengan potensial elektroda lebih negatif ditempatkan di bagian kiri, sedangkan unsur dengan potensial elektroda yang lebih positif ditempatkan di bagian kanan. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron) dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat (semakin mudah mengalami oksidasi). Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin kurang reaktif (semakin sulit melepas elektron) dan logam merupakan oksidator yang semakin kuat (semakin mudah mengalami reduksi) (Dogra, 1990).

Dibawah ini adalah tabel potensial elektroda standar sebagai berikut.

Tabel 2.1. Potensial Elektroda Standar

Setengah Reaksi Reduksi ( Pada Katoda )	$E^{\circ}\text{red}$ (Volt)
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	3,04
$\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$	-2.92
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2.76
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.66

Tabel 2.2. (lanjutan)

$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0.83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0.74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.41
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}(\text{s})$	-0.40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.04
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0.15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+(\text{aq})$	0.16
$\text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^{2-}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0.17
$\text{AgCl}(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	0.22
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0.34
$\text{ClO}^{3-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^{2-}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0.35
$\text{IO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0.49
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0.52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq})$	0.54
$\text{ClO}^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0.59
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0.77
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}(\text{l})$	0.80
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0.80
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}(\text{l})$	0.85
$\text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0.90
$2\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})$	0.90
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	0.96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1.07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1.36
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	1.44
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.49
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.78
$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	1.82

Arus listrik yang terjadi pada sel volta disebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Hal ini disebabkan karena perbedaan potensial antara kedua elektroda. Pengukuran perbedaan potensial ( $\Delta V$ ) antara dua elektroda dengan menggunakan potensiometer ketika arus listrik yang dihasilkan

mengalir sampai habis. Maka akan diperoleh nilai limit atau perbedaan potensial saat arus listriknya nol yang disebut sebagai potensial sel ( $E^\circ_{\text{sel}}$ ) (Atkins, 2005).

## 2.7. Baterai

Baterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda beda potensial. Komponen utama pada baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit. Bahan dan luas permukaan elektroda mampu mempengaruhi jumlah beda potensial yang dihasilkan. Setiap bahan elektroda memiliki tingkat potensial elektroda ( $E^\circ$ ) yang berbeda-beda. Jika luas permukaan elektroda diperbesar maka akan semakin banyak elektron yang dapat dioksidasi dibandingkan dengan elektroda dengan luas permukaan yang kecil (Kartawidjaja dan Abdurrochman, 2008).

Baterai memiliki beberapa komponen penting yang terdapat di dalamnya, yaitu anoda (kutub positif), katoda (kutub negatif), jembatan garam dan larutan elektrolit. Baterai memiliki reaksi kimia antara elektroda dengan larutan elektrolitnya sehingga akan menghasilkan suatu beda potensial. Beda potensial antara elektroda positif dan negatif akan menghasilkan tegangan sel baterai. Jadi, prinsip utama dari baterai sendiri adalah memanfaatkan reaksi yang berasal dari keempat komponen, yaitu katoda, anoda, jembatan garam dan elektrolit (Syukri, 1999).

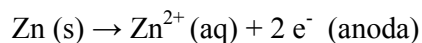
## 2.8. Baterai Primer

Baterai primer adalah baterai yang dapat mengkonversi bahan kimia menjadi listrik hanya sekali dan kemudian dibuang. Terdapat beberapa jenis baterai primer yaitu:

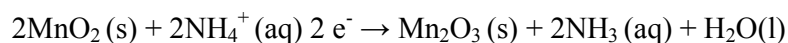
### a. Sel Kering Seng-Karbon

Sel kering juga dapat disebut Sel Lanchanche atau baterai. Baterai kering ini mendapatkan hak paten penemuan di tahun 1866. Sel Lanchache ini terdiri atas suatu silinder zink berisi pasta dari campuran batu kawi ( $\text{MnO}_2$ ), salmiak ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), karbon (C) dan sedikit air. Dengan adanya air, baterai kering ini tidak 100% kering.

Sel ini biasanya digunakan sebagai sumber tenaga atau energi pada lampu, senter, radio, jam dinding dan lain - lain. Penggunaan logam seng adalah sebagai anoda sedangkan katoda digunakan elektroda inert, yaitu grafit yang dicelupkan ditengah-tengah pasta. Pasta ini bertujuan sebagai oksidator. Seng tersebut akan dioksidasi sesuai dengan persamaan reaksi di bawah ini.



Sedangkan katoda terdiri atas campuran dari  $\text{MnO}_2$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Reaksi yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut.



Sehingga reaksi keseluruhan yang terjadi adalah.



$\text{NH}_3$  akan bergabung dengan  $\text{Zn}^{2+}$  membentuk ion yang kompleks  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Sel kering ini tidak dapat digunakan berulang kali dan memiliki daya tahan yang tidak lama dan harganya sangatlah murah.

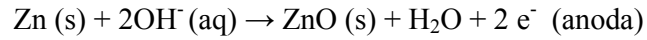
### **b. Baterai Merkuri**

Sel merkuri atau disebut juga baterai kancing jenis *Ruben-Mallory*. Sel jenis ini banyak digunakan untuk baterai arloji, kalkulator, dan komputer. Baterai merkuri ini telah dilarang penggunaannya dan ditarik dari peredaran sebab bahaya yang dikandungnya (logam berat merkuri). Pada Gambar 2.1. adalah contoh baterai merkuri.

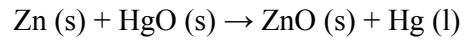


Gambar 2.1. Baterai Merkuri

Baterai merkuri ini terdiri atas anoda seng dan katoda merkuri (II) oksida ( $\text{HgO}$ ) adalah penyusun dari baterai merkuri ini yang dihubungkan dengan larutan elektrolit kalium hidroksida ( $\text{KOH}$ ). Sel ini mempunyai beda potensial  $\pm 1,4 \text{ V}$ . Reaksi yang terjadi pada baterai ini adalah.



Reaksi dari keseluruhan atau disebut reaksi bersih adalah.



### c. Baterai Perak Oksida

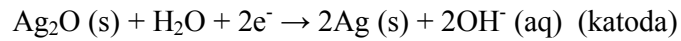
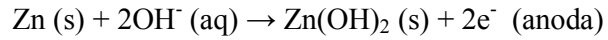
Baterai perak oksida tergolong tipis dan harganya yang relatif lebih mahal dari baterai-baterai lainnya. Baterai ini sangat populer dan sering digunakan pada jam, kamera, dan kalkulator elektronik. Perak oksida ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) sebagai katoda dan seng sebagai anodanya. Pada Gambar 2.2 adalah contoh baterai perak oksida.



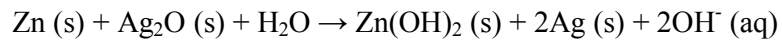
Gambar 2.2. Baterai Perak Oksida

Reaksi elektrodanya terjadi dalam elektrolit yang bersifat basa dan mempunyai beda potensial sama seperti pada baterai alkaline sebesar 1,5 V.

Reaksi yang terjadi pada baterai perak oksida adalah.



Sehingga reaksi keseluruhan adalah.



#### d. Baterai Litium

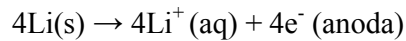
Baterai Li/SOCl<sub>2</sub> berukuran kecil. Bentuknya dapat berupa selinder atau cakram. Penggunaannya antara lain pada kamera, *remote control* dan lampu darurat. Baterai ini memiliki potensial yang sangat besar, sekitar 2,7-3,6 V. Pada Gambar 2.3. adalah contoh baterai litium.



Gambar 2.3. Baterai Litium



Sel baterai Li/SOCl<sub>2</sub> terdiri dari anoda Li dan katoda karbon, dimana tionil klorida tereduksi. Elektrolitnya adalah litium aluminium tetraklorida (LiAlCl<sub>4</sub>) dalam tionil klorida. Reaksi redoks yang terjadi pada baterai litium adalah.



Sehingga reaksi sel keseluruhan adalah.



## 2.9. Baterai Sekunder

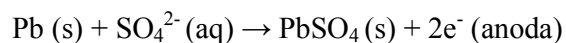
Baterai sekunder adalah baterai yang terkandung elektroda yang dapat diisi ulang dengan listrik sehingga dapat menyimpan listrik dan dapat digunakan kembali beberapa kali. Terdapat beberapa jenis baterai sekunder, yaitu.

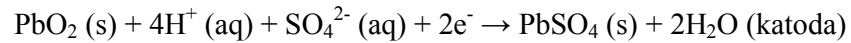
### a. Aki Timbal

Aki merupakan jenis baterai yang dapat digunakan untuk kendaraan bermotor atau automobil.

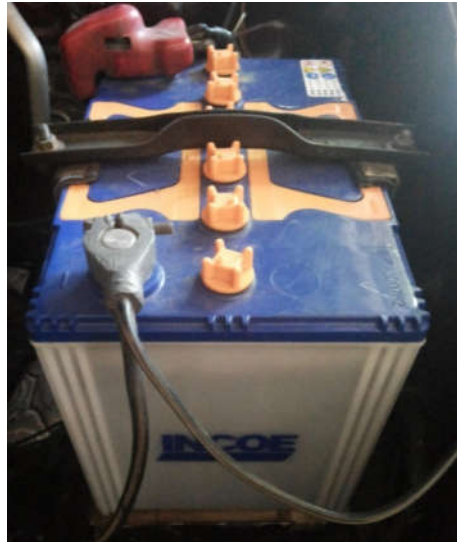
Aki timbal mempunyai tegangan 6 V atau 12 V, tergantung jumlah sel yang digunakan dalam konstruksi aki timbal tersebut. Aki timbal ini terdiri atas katoda PbO<sub>2</sub> (timbel (IV) oksida) dan anodanya Pb.

Kedua zat sel ini merupakan zat padat, yang dicelupkan ke dalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Reaksi yang terjadi dalam aki adalah.



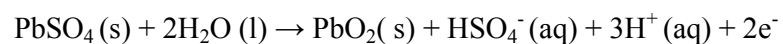
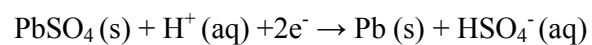


Aki ini dapat diisi ulang dengan mengalirkan lagi arus listrik ke dalamnya. Pengisian aki dilakukan dengan membalik arah aliran elektron pada kedua elektroda. Pada Gambar 2.4. adalah contoh sel aki timbal.



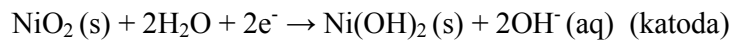
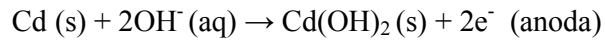
Gambar 2.4. Aki Timbal

Pada pengosongan aki, anoda (Pb) mengirim elektron ke katoda (PbO<sub>2</sub>). Sementara itu pada pengisian aki, elektroda timbal dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus sehingga Pb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang terdapat pada elektroda timbal itu direduksi. Berikut reaksi pengisian aki yaitu.

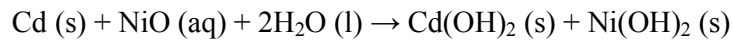


## b. Baterai Nikel Kadmium

Baterai nikel kadmium merupakan baterai kering yang dapat diisi ulang. Sel ini biasanya disebut nicad atau bateray nickel cadmium. Reaksi yang terjadi pada baterai nikel kadmium adalah.



Sehingga reaksi keseluruhan adalah.



Baterai nikel kadmium merupakan zat padat yang melekat pada kedua elektrodanya. Baterai nikel kadmium memiliki tegangan sekitar 1,4 V. Dengan membalik arah aliran elektron, zat-zat tersebut dapat diubah kembali seperti zat semula. Pada Gambar 2.5. adalah contoh sel nikel kadmium.

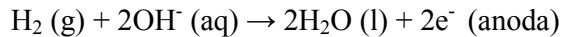
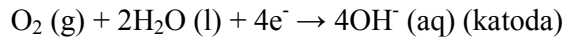


Gambar 2.5. Baterai Nikel Kadmium

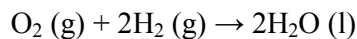
### c. Sel Bahan Bakar

Sel bahan bakar adalah sel yang menggunakan bahan bakar seperti campuran hidrogen dengan oksigen atau campuran gas alam dengan oksigen. Sel bahan bakar ini biasanya digunakan untuk sumber energi listrik pesawat ulang-alik, pesawat Challenger dan Columbia. Yang berperan sebagai katoda adalah gas oksigen dan anodanya gas hidrogen. Masing-masing elektroda dimasukkan kedalam elektroda karbon yang berpori-pori dan masing-masingnya elektroda digunakan katalis dari serbuk platina.

Pada sel bahan bakar reaksi yang terjadi adalah.



Sehingga reaksi keseluruhannya adalah.



(Brown et al, 2006).

### 2.10. Jembatan garam

Jembatan garam biasanya berupa tabung berbentuk U yang diisi dengan agar-agar yang dijenuhkan dengan larutan garam. Jembatan garam berfungsi untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan. Karena konsentrasi larutan elektrolit pada jembatan garam lebih tinggi daripada konsentrasi elektrolit di kedua bagian elektroda, maka ion negatif dari jembatan garam masuk ke salah satu setengah sel

yang kelebihan muatan positif dan ion positif dari jembatan garam berdifusi ke bagian lain yang kelebihan muatan negatif.

Jembatan garam terjadi aliran elektron yang kontinu melalui kawat pada rangkaian luar dan aliran ion-ion melalui larutan sebagai akibat dari reaksi redoks yang spontan yang terjadi pada kedua elektroda. Jika kedua elektrolit pada sel dipisahkan sama sekali tanpa adanya jembatan garam, maka dapat dilihat bahwa aliran elektron akan segera berhenti. Hal ini terjadi karena pada kedua elektroda terjadi ketidaknetralan listrik, di satu bagian kelebihan muatan positif dan di bagian lain kelebihan muatan negatif. Dengan adanya jembatan garam dapat terjadi penetrasi muatan listrik di setiap elektroda melalui difusi ion-ion, akan tetapi kedua larutan elektroda tetap dapat dijaga untuk tidak saling bercampur secara bebas, sebab kalau dibiarkan bercampur maka ion-ion  $\text{Cu}^{2+}$  akan bereaksi langsung dengan elektroda Zn, dan elektron tidak akan mengalir melalui kawat pada rangkaian luar.

Penggunaan agar-agar mempunyai keuntungan, diantaranya menjaga agar larutan elektrolit di satu bagian elektroda tidak mengalir ke bagian elektroda lainnya saat permukaan kedua larutan elektrolit di kedua elektrolit berbeda. Adanya jembatan garam menyebabkan adanya pertemuan cairan elektrolit.

Syarat dari suatu zat yang digunakan untuk jembatan garam adalah zat tersebut tidak boleh bereaksi dengan elektrolit yang digunakan dalam pengukuran potensial sel (David, 2005).

### 2.11. Sifat Logam

Unsur-unsur logam memperlihatkan sifat-sifat yang spesifik, yaitu mengkilap, menghantarkan listrik dan panas, dapat ditempa serta dapat direntang menjadi benang logam yang halus. Sifat-sifat diatas tidak dimiliki oleh unsur-unsur bukan logam. Ditinjau dari konfigurasi electron, unsur logam cenderung melepaskan electron (memiliki energi ionisasi yang kecil). Sedangkan unsur-unsur bukan logam cenderung menangkap elektron (memiliki keelektronegatifan yang besar). Dalam sistem periodik terlihat bahwa sifat logam bertambah dari atas ke bawah, dan sifat logam berkurang dalam satu periode dari kiri ke kanan. Atom-atom logam mempunyai electron valensi yang kecil, sehingga elektron valensi dapat bergerak bebas dan sangat mudah dilepaskan akibatnya elektron-elektron valensi tersebut bukan hanya milik salah satu ion logam tetapi merupakan milik bersama ion-ion logam yang terjejal dalam kisi kristal logam. Dapat dikatakan bahwa elektron valensi dalam logam terdelokalisasi, membaaur membentuk awan elektron yang menyelimuti ion-ion positif logam yang telah melepaskan sebagian elektron valensinya. Akibatnya terjadi interaksi antara kedua muatan (elektron bermuatan negatif dengan ion logam yang bermuatan positif) yang berlawanan dan membentuk ikatan logam. Gaya tarik menarik ini cukup kuat sehingga pada umumnya unsur logam mempunyai titik didih dan titik leleh yang tinggi.

Kekuatan ikatan logam dipengaruhi sebagai berikut.

- a. Jari-jari atom, makin besar jari-jari atom menyebabkan ikatan logam semakin lemah.
- b. Jumlah elektron valensi, semakin banyak elektron valensinya ikatan logam semakin kuat.

- c. Jenis unsur (golongan utama atau transisi) ikatan logam unsur transisi lebih kuat dari pada ikatan logam-logam golongan utama (Sugianto, 2009).

### **2.12. Karakteristik Logam Seng (Zn)**

Pemurnian diperoleh secara elektrolitis dari bahan oksida seng (ZnO). Penemuan mencapai kadar 97,75% Zn. Warnanya abu-abu muda dengan titik cair 419°C dan titik didih 906°C. Daya mekanis tidak kuat. Seng dipakai sebagai pelindung dari karat, karena lebih tahan terhadap karat daripada besi. Pelapisan dengan seng dilakukan dengan cara galvanis seperti pada tembaga. Seng juga mudah dituang, dan sering dipakai sebagai pencampur bahan lain yang sukar dituang, misalnya tembaga.

Dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong elemen kering (kutub negatifnya), batang-batang (elektroda) elemen galvanis.

Tahanan jenisnya yaitu 0,12 ohm mm<sup>2</sup>/m . Dalam perdagangan seng dijual dalam bentuk pelat yang rata atau bergelombang. Juga dalam bentuk kawat dan tuangan dalam bentuk balok (Vogel, 1990).

### **2.13. Karakteristik Logam Besi (Fe)**

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe<sup>2+</sup>) dan ferri (Fe<sup>3+</sup>). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan

elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen. Resistivitas listrik (20°C) yaitu 96,1 nΩ.m (Rajic dkk, 2012).

#### **2.14. Karakteristik Aluminium (Al)**

Aluminium mempunyai massa jenis 2,7 kg/cm<sup>3</sup>, titik leleh lebih dari 658°C dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar 35 m/ohm.mm<sup>2</sup> atau kira-kira 61,4% dari daya hantar tembaga, tahanan listriknya sebesar 64,94%, hantaran listrik koefisien temperature yaitu 0,0042/°C. Aluminium murni mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tariknya hanya 9 kg/mm<sup>2</sup>. Untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium.

#### **2.15. Karakteristik Tembaga (Cu)**

Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Ia melebur pada 1038°C. Tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi yaitu 57 Ohm.mm<sup>2</sup>/m pada suhu 20°C. Karena potensial elektrode standarnya positif, (+0,34V untuk pasangan Cu/Cu<sup>2+</sup>), tembaga tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Tembaga atau *cuprum* dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Logam ini termasuk logam berat non ferro (logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar) yang memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi. Sebagian besar tembaga dipakai sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik.

Selain mempunyai daya hantar listrik yang tinggi, daya hantar panasnya juga tinggi dan tahan karat. Oleh karena itu tembaga juga dipakai untuk kelengkapan



bahan radiator, ketel, dan alat kelengkapan pemanasan. Tembaga mempunyai sifat dapat dirol, ditarik, ditekan, ditekan tarik dan dapat ditempa (malleable). Titik cair tembaga adalah  $1083^{\circ}\text{C}$ , titik didihnya  $2593^{\circ}\text{C}$ , massa jenis 8,9, kekuatan tarik  $160 \text{ N/mm}^2$ . Kegunaan lain dari tembaga ialah sebagai bahan untuk baut penyolder, untuk kawat-kawat jalan traksi listrik (kereta listrik, trem, dan sebagainya), unsur hantaran listrik di atas tanah, hantaran penangkal petir, untuk lapis tipis dari kolektor, dan lain-lain. Sedangkan sifat-sifat kimia tembaga yaitu merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi (Vogel, 1990).

### **2.16. Arus Listrik**

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian pada satu waktu. Muatan listrik yang dimaksud di sini adalah elektron. Jenis arus listrik terbagi menjadi dua, yakni arus listrik searah atau DC (*Direct Current*) dan arus listrik bolak-balik atau AC (*Alternating Current*). Pada arus listrik bolak-balik, muatan listrik mengalir dalam dua arah (bolak-balik). Adapun pada arus listrik searah, muatan listrik hanya mengalir dalam satu arah saja. Ciri umum dari arus bolak-balik, yaitu sumber tegangan berasal dari PLN sedangkan arus searah berasal dari baterai.

Kuat arus didefinisikan sebagai jumlah muatan yang mengalir melalui penampang suatu kawat penghantar persatuan waktu.

Secara sistematisnya kuat arus dituliskan sebagai berikut:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

I = kuat arus listrik (A);

Q = jumlah muatan yang mengalir (C);

t = waktu (s).

Arus listrik adalah jumlah muatan yang mengalir melalui penampang penghantar dalam tiap satuan waktu. Besaran ini dilambangkan dengan I dan dinyatakan dalam satuan ampere. Ampere adalah satuan kuat arus listrik yang dapat memisahkan 1,118 milligram perak dari nitrat perak murni dalam satu detik.

Arus listrik bergerak dari terminal positif (+) ke terminal negatif (-), sedangkan aliran listrik dalam kawat logam terdiri dari aliran elektron yang bergerak dari terminal negatif (-) ke terminal positif (+), arah arus listrik dianggap berlawanan dengan arah gerakan elektron.

Kuat arus listrik adalah arus yang tergantung pada banyak sedikitnya elektron bebas yang pindah melewati suatu penampang kawat dalam satuan waktu.

Rapat arus adalah besarnya arus listrik tiap-tiap mm<sup>2</sup> luas penampang kawat.

Kerapatan arus berpengaruh pada kenaikan temperature (Tobing, 1996).

### 2.17. Hambatan

Hambatan atau Resistensi adalah kemampuan suatu benda untuk menahan aliran arus listrik. Dalam suatu sirkuit, arus listrik dari *power supply* tidak sepenuhnya dapat digunakan secara bebas. Terkadang arus listrik tersebut harus di hambat untuk memperoleh efek tertentu pada sirkuit. Dalam suatu hambatan atom-atomnya akan bertumbukan dengan elektron-elektron sehingga laju dan kecepatan elektron menjadi berkurang. Karena kuat arus biasanya di hitung berdasarkan banyak dan kecepatan elektronnya, maka ketika jumlah elektron dan kecepatannya berkurang otomatis berkurang pula kekuatan arus yang mengalir dalam suatu hambatan.

Setiap Konduktor mempunyai hambatan. Ketebalan suatu konduktor menentukan besar-kecilnya hambatan yang dimilikinya. Konduktor yang tebal memiliki hambatan yang kecil. Kawat yang tebal mempunyai penampang lintang yang lebih lebar, sehingga mengandung lebih banyak elektron. Sebaliknya, konduktor yang panjang, memiliki hambatan yang besar. Ini dikarenakan semakin panjang suatu konduktor semakin banyak pula atom-atom yang akan menghadang gerak elektron bebasnya sehingga arus listrik yang dialirkan akan berkurang.

Alat yang digunakan untuk menghambat arus listrik disebut resistor. Resistor adalah komponen didalam sirkuit listrik yang berfungsi untuk menahan arus dalam jumlah tertentu. Satuan hambatan atau resistensi dinyatakan dengan Ohm. Angka hambatan dalam sirkuit listrik adalah ketika tegangan membuat arus mengalir artinya hambatan adalah hasil dari tegangan dibagi arus.

Resistor adalah komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya, berdasarkan hukum ohm.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

V = tegangan listrik (V);

I = arus listrik (A);

R = hambatan listrik ( $\Omega$ ).

### **2.18. Beda Potensial Listrik**

Beda potensial adalah perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik. Di satu sisi sumber arus listrik terdapat elektron yang bertumpuk sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang memengaruhi materi tersebut.

Dalam arus listrik yang mengalir di suatu penghantar, ada dua hal yang perlu diketahui. Pertama, ada selisih potensial yang menyebabkan muatan dibawa melalui penghantar. Kedua, muatan yang lewat melalui penghantar harus kontinu dan kembali ke titik awal ketika muatan itu mulai bergerak sehingga melalui penghantar dan seterusnya (Faissler,1991).

### **III. METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan November sampai dengan Maret 2015.

#### **3.2. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

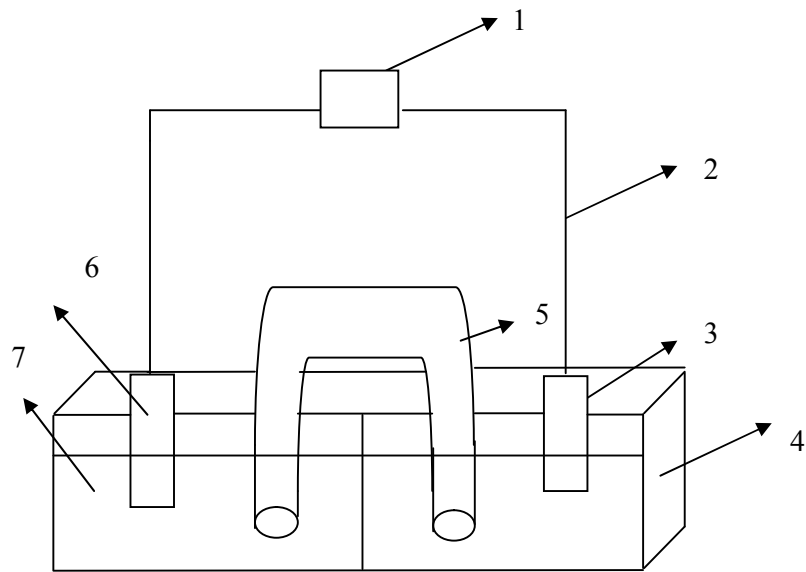
1. Multimeter, digunakan sebagai pengukur tegangan dan arus yang dihasilkan.
2. Kabel dan penjepit buaya, sebagai penghubung rangkaian.
3. Tabung U digunakan sebagai wadah jembatan garam.
4. Gelas ukur digunakan sebagai alat pengukur volume dari larutan.
5. Gergaji besi, digunakan untuk memotong seng dan tembaga sebagai elektroda.
6. Lampu LED digunakan untuk menguji keberadaan energi listrik yang dihasilkan.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Tembaga (Cu), Al (Aluminium), Besi (Fe) dan Seng (Zn) digunakan sebagai elektroda.
2. Larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  sebagai larutan yang akan digunakan.
3. Agar-agar dan garam NaCl sebagai bahan pembuat jembatan garam.
4. Akrilik untuk membuat media penampungan larutan..
5. Perekat digunakan untuk membuat media penampungan larutan yang akan diuji.

### **3.3. Prosedur Penelitian**

Penelitian dilakukan untuk memanfaatkan logam bekas sebagai penghasil energi listrik. Pembuatan media logam bekas yang digunakan sebagai elektroda dibuat dari bahan akrilik yang dibentuk seperti balok untuk menampung larutan. Pada setiap balok berisi elektroda positif dan negatif dengan pipa U dibagian tengahnya. Pipa U berisi agar-agar dengan larutan garam. Setelah media uji terbentuk, elektroda dihubungkan ke multimeter dengan kabel kemudian dilakukan pengambilan data. Selanjutnya dihubungkan dengan LED sebagai pengujian energi listrik yang dihasilkan. Media uji terlihat pada gambar 3.1.



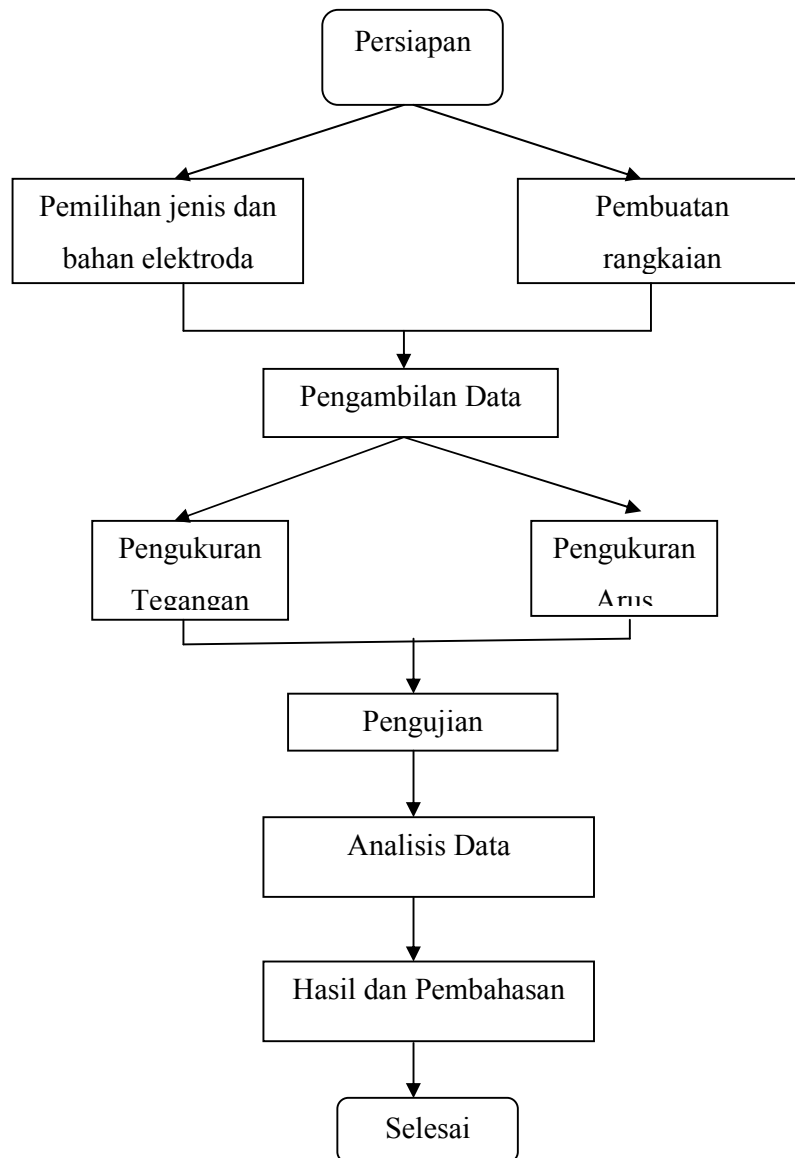
Gambar 3.1. Rangkaian Alat

Keterangan:

1. Multimeter;
2. Kabel penghubung;
3. Elektroda negatif;
4. Wadah penampung larutan;
5. Pipa U;
6. Elektroda positif;
7. Larutan.

### 3.4. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian





Tabel 3.3. Hasil Pengukuran Tegangan Masing-masing Sel

No	Sel	Tegangan (Volt)
----	-----	-----------------

---

Tabel 3.4. Hasil Pengukuran Beban Maksimum dari Pasangan Elektroda

Waktu (menit)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
---------------	-----------------	-----------	-------------

---

Dari hasil yang diperoleh akan diketahui bagaimana hubungan antara tegangan dan arus pada sel volta yang dapat dihasilkan dari logam bekas yang akan digunakan sebagai penyimpan energi listrik.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengukuran pada masing-masing sel dengan variasi volume pada setiap pasangan elektroda tidak mempengaruhi nilai tegangan.
2. Pengukuran tanpa beban dengan variasi volume tidak berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan, sedangkan pada pengukuran dengan beban volume berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan.
3. Pasangan elektroda Cu-Zn memiliki nilai tegangan paling besar pada pengukuran tanpa beban dan menghasilkan daya paling besar pada pengukuran dengan beban.
4. Semakin banyak LED yang dihidupkan semakin kecil nilai arus karena hambatan semakin besar, sehingga nilai intensitas semakin kecil.

### **5.2. Saran**

Penelitian selanjutnya untuk memperoleh energi listrik yang besar dapat dilakukan dengan memperbanyak jumlah sel dan menambah bahan elektroda yang memiliki beda potensial lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. 2005. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*. Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.
- Atkins. 2005. *Physical Chemistry*. Oxford: Oxford University Press.
- Berita Daerah. 2014. *Konsumsi Listrik Awal 2014 Meningkatkan 9 Persen*. Beritadaerah.co.id.
- Bird, Tony. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Brown, Bursten B.E. dan Murphy C.J. 2006. *Chemistry the Central Science*. Pearson Education Inc. United State of America.
- David. 2005. *Standard Thermodynamic Properties of Chemical Substances in CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Boca Raton: CRC Press.
- Dogra. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Fadli, Ulfa, Budi Legowo dan Budi Pratama. 2012. *Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (Ananas Comosus L. Merr)*. Journal of Applied Physics Vol.2 No.2.
- Faissler, William. 1991. *Modern Electronics*. Canada: John Wiley and Sons Inc.
- Febri, Aji. 2014. *Deret volta*. Solo: Universitas Negeri Surakarta.
- Hendri, Yasni, Gusnedi dan Ratnawulan. 2015. *Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang*. Pillar of Physic Vol. 6 Hal. 97-104.
- Imamah, Aisiyah. 2013. *Efek Variasi Bahan Elektroda Serta Variasi Jarak Antar Elektroda Terhadap Kelistrikan yang Dihasilkan oleh Limbah Buah Jeruk (Citrus sp.)*. Skripsi. Universitas Jember. Jember.

- Kartawidjaja dan Abdurrochman. 2008. *Pencarian Parameter Bio-batere Berbasis Asam Sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008. Universitas Lampung. Lampung.
- Keenan. 1980. *Kimia untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Lamy, C., Belgsir dan Leger. 2001. *Electrocatalytic oxidation of aliphatic alcohols Application to The Direct Alcohol Fuel Cell*. Journal Application Electrochem No. 31.
- Notianingsih, Fitri dan Yusman Wiyatmo. 2013. *Pengaruh Jenis Elektroda, Luas Penampang Elektroda dan Jarak Antar Elektroda pada Larutan Elektrolit Asam Malat (HO<sub>2</sub>CCH<sub>2</sub>CHOHCO<sub>2</sub>H) Ekstrak Buah Apel (Malus Domestica) terhadap Tegangan yang Dihasilkan oleh Sel Volta*. Jurnal Universitas Yogyakarta Vol. 2 No. 2.
- Rajic, Ijljana, Bozo Dalmacija, Svetlana dan Milos Bokorov. 2012. *Electrokinetic Treatment of Cu Contaminated Kaolin Using an Fe/Cu Galvanic Cell*. International Journal of Electrochemical Science Vol. 7.
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sartono, Muhamad, Vega Noviana, Siti Maemunah dan Nurkamalia Lubis. 2014. *Pengaruh Jembatan Garam KCl dan Buah Terhadap Voltase Yang Dihasilkan Sel Galvani*. Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 1 No. 1.
- Sodikin, Nanang, Sri Rahayu dan Prayitno. 2013. *Representasi Makroskopik Submikroskopik dan Prinsip Kerja Sel Elektrokimia*. Jurnal Universitas Negeri Malang Vol. 2 No. 1.
- Sugianto. 2009. *Penurunan Kadar Nox Dan Sox Pada Motor Diesel Berbahan Bakar MDO dengan Metode Elektrolisa Air Laut*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Syukri. 1999. *Kimia Dasar*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tobing. 1996. *Fisika Dasar I*. Jakarta: Erlangga.
- Udi, Ahmad dan Fredy Kurniawan. 2013. *Simulasi Prototipe on Field Battery Melalui Pemanfaatan Salinitas dengan Beberapa Pasangan Elektroda*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol 1. No. 1.
- Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

Wardani, Anggun dan Yusman Wiyatmo. 2014. *Uji Dimensi dan Uji Kinerja Sel Volta dengan Larutan Elektrolit Asam Sitrat Ekstrak Buah Jeruk Nipis (Citrus Aurantifolia) serta Elektroda Tembaga (Cu) dan Aluminium (Al)*. Jurnal Universitas Negeri Yogyakarta Vol. 3 No. 4.