



**ENERGI, ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK BAHAN ELEKTROLIT  
BERBENTUK AGAR-AGAR DARI LIMBAH BUAH DAN SAYURAN**

**SKRIPSI**

Oleh

**Riva' Atul Imama  
NIM 101810201053**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**ENERGI, ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK BAHAN ELEKTROLIT  
BERBENTUK AGAR-AGAR DARI LIMBAH BUAH DAN SAYURAN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)  
dan untuk mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Riva' Atul Imama  
NIM 101810201053**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT serta shalawat senantiasa terhaturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta M. Ali Mansur dan Tusiani, terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, dukungan, motivasi dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan kasih sayang-Nya;
2. Adik tersayang Dwi Lailatul Azizah, Imro'Atul Afida dan Ulum Hanifatus Sholehah, yang selalu memberisemangat dan dukungan selama ini;
3. SeluruhBapak/IbuGuru dan Dosen, terima kasih telah memberikan ilmu, pengarahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
4. Teman-teman Laboratorium Biofisika Ony Tauriza, Wisnatun Hasanah, Putri Diah Anggiani, Ika Juniarti, M. Haritsah dan A. Mustaqim, terima kasih atas motivasi, dukungan, bantuan dan persaudaraanya;
5. Teman-teman seperjuanganangkatan 2010 tersayang, terima kasih yang tak terhingga untuk dukungan, motivasi, ilmu, persaudaraan dan do'anya;
6. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTTO**

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa-apa yang ada pada diri mereka”  
(QS. Ar-Ra’d:11)<sup>\*)</sup>

“Ilmu pengetahuan tanpa agama lumpuh, agama tanpa ilmu pengetahuan buta”<sup>\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2012. *Al-Hadi: Al Qur'an Terjemah Per Kata Latin dan Kode Tajwid*. Jakarta: Penerbit Satu Warna.

<sup>\*\*)</sup> Albert Einstein

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riva' Atul Imama

NIM : 101810201053

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Energi, Arus dan Tegangan Listrik Bahan Elektrolit Berbentuk Agar-agar dari Limbah Buah dan Sayuran” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2015

Yang menyatakan,

Riva' Atul Imama

NIM 101810201053

**SKRIPSI**

**ENERGI, ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK BAHAN ELEKTROLIT  
BERBENTUK AGAR-AGAR DARI LIMBAH BUAH DAN SAYURAN**

Oleh

Riva' Atul Imama  
NIM 101810201053

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuariatun Nurhayati

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “*Energi, Arus dan Tegangan Listrik Bahan Elektrolit Berbentuk Agar-agar dari Limbah Buah dan Sayuran*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal:

Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
UniversitasJember

**Tim Penguji**

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19620311 198702 1 001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati  
NIP 19610909 198601 2 001

Penguji I

Penguj II

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 19591121 199103 1 002

Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.  
NIP 19720820 199802 1001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.  
NIP 19610108 198602 1 001

## RINGKASAN

**Energi, Arus dan Tegangan Listrik Bahan Elektrolit Berbentuk Agar-agar dari Limbah Buah dan Sayuran;** Riva' Atul Imama; 101810201053; 2015: 50 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penggunaan baterai merupakan salah satu kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan elektronik mengandalkan baterai sebagai sumber energi, terutama digunakan untuk menggerakkan peralatan kecil seperti telepon selular, radio, mainan, lampu senter, laptop, jam dinding, kalkulator dan sebagainya. Baterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik dengan proses kimia, energi listrik dihasilkan dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda potensial. Komponen utama pada baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit. Larutan elektrolit dari bahan organik, seperti sayuran maupun buah-buahan telah berhasil didemonstrasikan dan berperan baik sebagai elektrolit pada sistem sel volta. Pada buah-buahan yang bersifat asam seperti nanas, jeruk dan apel dapat berfungsi sebagai elektrolit.

Berdasarkan sifat kelistrikan buah dan sayuran, maka dilakukanlah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kelistrikan yang ditimbulkan oleh nanas, jeruk, jambu, kentang dan kubis. Dari penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah buah-buahan dan sayuran menjadi energi alternatif bio-baterai sebagai pengganti baterai. Model bio-baterai menggunakan larutan limbah buah dan sayuran yang dijadikan sebagai agar-agar elektrolit, agar-agar elektrolit tersebut disusun dengan anoda dan katoda sehingga membentuk suatu lapisan tipis sel bio-baterai. Pada penelitian ini menggunakan enam sel bio-baterai yang dirangkai seri dan paralel. Ketika bio-baterai dihubungkan secara seri, maka akan menaikkan tegangan dan



ketika dihubungkan secara paralel, arus yang dihasilkan lebih besar sehingga dirangkai seri dan paralel supaya arus dan tegangan yang dihasilkan lebih besar

Penelitian dilakukan dengan dua perlakuan yang berbeda. Perlakuan pertama yaitu pengukuran nilai arus dan tegangan dengan menggunakan variasi nilai hambatan, mulai dari nilai  $10\Omega$  sampai  $10\text{ M}\Omega$  pada masing-masing elektrolit buah dan sayuran. Perlakuan kedua yaitu pengukuran nilai arus dan tegangan sebagai fungsi waktu dengan menggunakan lampu LED

Pada hasil diperoleh nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing elektrolit limbah buah dan sayuran dengan variasi hambatan berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan kuat arus. Elektrolit yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum yaitu limbah buah nanas dan yang menghasilkan arus dan tegangan minimum adalah limbah buah kubis. Perbedaan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing elektrolit limbah buah dan sayuran disebabkan oleh karakteristik buah dan sayuran itu sendiri, jenis buah dan sayuran memiliki kandungan zat yang beragam sehingga masing-masing buah mengandung elektrolit, konsentrasi dan nilai pH yang berbeda-beda. Sedangkan daya dan energi listrik yang dihasilkan masih sangat kecil, bio-baterai yang menghasilkan energi tertinggi selama 60 jam penyalan LED berturut-turut adalah elektrolit jambu  $54,565 \pm 2,573$  joule, jeruk  $53,224 \pm 2,550$  joule dan nanas  $50,918 \pm 0,847$  joule. Namun elektrolit yang menghidupkan LED paling lama adalah buah nanas dengan rata-rata waktu 116 jam. Hasil uji Anova menunjukkan bahwa elektrolit dari buah dan sayur yang berbeda menghasilkan nilai tegangan dan energi yang berbeda.

## PRAKATA

Segala puji hanya milik Allah SWT pencipta alam semesta, yang senantiasa melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Energi, Arus dan Tegangan Listrik Bahan Elektrolit Berbentuk Agar-agar dari Limbah Buah dan Sayuran*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si selaku Dosen Penguji I dan Dr. Lutfi Rohman S.Si, M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Dr. Artoto Arkundato S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan;
4. Wisnatun Hasanah, Putri Diah Anggiani, Ony Tauriza, Ika Juniarti, M. Haritsah, Ahmad Mustaqim dan teman-teman Laboratorium Biofisika, yang telah banyak berpartisipasi dan membantu, memberikan motivasi, persahabatan dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini;
5. Liya Kholida, Syafrillia Ryan Fitri, Veny Yashinta Anwar, Winda Aprita, Ulya Ultra Ayomi, Dany Dwi Budiarti, Ahmad Mustaqim, A. Bahar dan M. Haritsah yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian;

6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember, terima kasih atas pendidikan dan bantuan hingga saat ini;
7. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penyusunan skripsi ini sangat jauh dari kesempurnaan, penulis menerima segala kritik dan saran<sup>\*)</sup> dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Jember, Juli 2015

Penulis

---

\*) kritik dan saran dapat dialamatkan di email [yuda.hariadi@hotmail.com](mailto:yuda.hariadi@hotmail.com)

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan</b> .....	5
<b>1.5 Manfaat</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Energi dan Daya Listrik</b> .....	6
2.1.1 Arus .....	6
2.1.2 Tegangan .....	7

2.1.3 Daya Listrik .....	8
2.1.4 Hukum Ohm .....	8
<b>2.2 Elektrokimia .....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Elektroda-Elektroda .....	9
2.2.2 Deret Kereaktifan Logam (Deret Volta) .....	10
2.2.3 Potensial Elektroda .....	10
2.2.4 Jenis- jenis Elektrokimia .....	10
<b>2.3 Sel Galvani .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Baterai .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Teori Asam Basa .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit .....</b>	<b>14</b>
<b>2.7 Buah dan Sayuran .....</b>	<b>15</b>
2.7.1 Jambu Biji .....	15
2.7.2 Kentang .....	16
2.7.3 Nanas .....	17
2.7.4 Jeruk .....	17
2.7.5 Kubis .....	18
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Tempat dan waktu .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan .....</b>	<b>19</b>
3.2.1 Alat .....	19
3.2.2 Bahan .....	20
<b>3.3 Tahap Penelitian .....</b>	<b>20</b>
3.3.1 Persiapan dan Observasi .....	21
3.3.2 Pengambilan Data .....	23
3.3.3 Analisa Data .....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Hasil dan Analisis Data.....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Bio-baterai dengan	

Variasi Hambatan Menggunakan Elektrolit Berbentuk Agar-agar dari Berbagai Limbah Buah dan Sayuran .....	26
4.1.2 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Sebagai Fungsi Waktu Lama Penyalaan lampu LED pada Bio-baterai Seri Paralel dengan Elektrolit Berbentuk Agar-agar dari Berbagai Limbah Buah dan Sayuran .....	28
4.2 Pembahasan.....	31
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	47
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Arus listrik dalam baterai dan sumber tegangan beberapa peralatan .....	7
2.2 Penggolongan sifat larutan .....	15
2.3 Kandungan gizi jambu biji.....	16
4.1 Energi rata-rata yang dihasilkan elektrolit buah-buahan dalam waktu 60 jam .....	30
4.2 Hasil uji Anova terhadap nilai arus dengan variasi hambatan dan elektrolit	34
4.3 Hasil uji Anova terhadap nilai tegangan dengan variasi hambatan dan elektrolit .....	34
4.4 Signifikansi perbedaan rata-rata arus pada jenis elektrolit .....	35
4.5 Signifikansi perbedaan rata-rata tegangan pada jenis elektrolit .....	36
4.6 Hasil uji Anova terhadap nilai tegangan dan pH .....	38
4.7 Signifikansi perbedaan rata-rata tegangan pada nilai pH .....	38
4.8 Hasil uji Anova terhadap nilai arus sebagai fungsi waktu .....	43
4.9 Hasil uji Anova terhadap nilai tegangan sebagai fungsi waktu .....	43
4.10 Hasil uji Anova terhadap nilai energi sebagai fungsi waktu .....	43
4.11 Signifikansi perbedaan rata-rata tegangan pada jenis elektrolit .....	44
4.12 Signifikansi perbedaan rata-rata energi pada jenis elektrolit .....	45

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Aliran air pada bejana .....	7
3.1 Bagan tahapan penelitian .....	20
3.2 <i>Setting up</i> bio-baterai .....	22
3.3 Rangkaian seri-paralel bio-baterai dengan variasi nilai hambatan .....	24
3.4 Hubungan antara arus, tegangan dan waktunyala lampu LED pada rangkaianseri-paralel bio-baterai .....	25
4.1 Grafik hubungan nilai arus dan hambatan pada bio-baterai seri-paralel .....	27
4.2 Grafik hubungan tegangan dan hambatan pada bio-baterai seri-paralel .....	27
4.3 Grafik karakteristik arus terhadap lama penyalaan lampu LED .....	29
4.4 Grafik karakteristik tegangan terhadap lama penyalaan lampu LED .....	29
4.5 Grafik energi elektrolit di setiap janselama penyalaan lampu LED .....	30
4.6 Grafikenergi rata-rata elektrolit buah selama 60 jam penyalaan LED.....	31
4.7 Grafik hubungan tegangan dan pH pada buah dan sayuran .....	37



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Alat dan Bahan Penelitian Bio-baterai .....	51
B. Hasil Perhitungan Arus dan Tegangan Listrik dengan Variasi Nilai Hambatan Menggunakan Two way Anova .....	55
C. Hasil Perhitungan Arus dan Tegangan Listrik Sebagai Fungsi Waktu Menggunakan Two way Anova .....	69
D. Hasil Perhitungan Energi Listrik Bio-baterai Selama Penyalaan LED Menggunakan Two way Anova .....	90
E. Hasil Perhitungan Hubungan Nilai pH dan Tegangan Bio-baterai Menggunakan One way Anova .....	101
F. Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Bio-baterai dengan Variasi Nilai Hambatan .....	105
G. Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Terhadap Lama Penyalaan LED Pada Rangkaian Seri-Paralel .....	115
H. Hasil Perhitungan Energi Listrik Masing-Masing Elektrolit Selama Penyalaan LED .....	118
I. Nilai pH Sebelum dan Sesudah digunakan sebagai Bio-baterai .....	123

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan baterai merupakan salah satu kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan elektronik mengandalkan baterai sebagai sumber energi, terutama digunakan untuk menggerakkan peralatan kecil seperti telepon selular, radio, mainan, lampu senter, laptop, jam dinding, kalkulator dan sebagainya. Baterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik dengan proses kimia. Energi listrik dihasilkan dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda potensial (Kartawidjaja *et al.*, 2008). Komponen utama pada baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit. Prinsip kerja baterai menggunakan prinsip elektrokimia dengan memanfaatkan proses reduksi-oksidasi. Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) disebut katoda (Svehla, 1985).

Menurut Landis (1909), ketika dua buah elektroda yaitu Cu dan Zn terhubung melalui larutan elektrolit dengan konsentrasi pembawa muatan positif dan negatif tidak seimbang, maka satu jenis pembawa muatan akan terkumpul pada satu elektroda dan pembawa muatan lainnya akan terkumpul pada elektroda lainnya, sehingga di kedua ujung elektroda tersebut terdapat beda potensial. Mengingat di kedua ujung elektroda terjadi reaksi redoks terus menerus, maka terjadi pertukaran pembawa muatan dari elektroda ke larutan elektrolit maupun sebaliknya dari larutan elektrolit ke elektroda, menyebabkan aliran pembawa muatan (arus listrik) pada rangkaian tertutup kedua elektroda tersebut.

Berkenaan dengan larutan elektrolit, baik larutan elektrolit hasil sintesis maupun bahan organik telah banyak digunakan. Khusus untuk bahan organik, seperti

sayuran maupun buah-buahan telah berhasil didemonstrasikan dan berperan baik sebagai elektrolit pada sistem sel volta (Ensmann *et al.*, 1988). Namun, sebagian besar arus yang dihasilkan dari bahan organik ini sangat kecil yaitu berorde 100  $\mu\text{A}$ . Sedangkan tegangan yang dihasilkan bergantung dari pemilihan jenis elektroda yaitu berada pada kisaran 300 mV sampai dengan 900 mV (Sharma, 1992).

Pada buah-buahan dan sayuran terdapat cairan asam yang dapat berfungsi sebagai elektrolit. Menurut Achmad (1982) elektrolit dalam batu baterai bersifat asam sehingga buah yang bersifat asam dapat menjadi elektrolit. Pratama (2007) menambahkan, bahwa selain jeruk dan apel, buah lain dapat juga menghasilkan listrik.

Salah satu jenis buah yang menghasilkan tegangan cukup tinggi adalah buah nanas. Percobaan Fadli *et al.* (2012), menggunakan buah nanas sebagai elektrolit bio-baterai dengan menggunakan variasi volume larutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tegangan tidak dipengaruhi oleh perubahan nilai volume elektrolit ekstrak buah nanas. Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak buah nanas secara alami mengalami proses peruraian ion-ion yang terkandung di dalamnya dan kemudian dilanjutkan dengan proses pengkutuban (polarisasi).

Percobaan Sucipto (2007) membuktikan bahwa kulit pisang dan jeruk dapat digunakan sebagai sumber arus listrik searah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata tegangan yang dihasilkan oleh baterai kering dengan elektrolit kulit pisang adalah 1,24 volt, sementara ketahanan rata-rata dalam baterai jam dinding adalah 5 hari 6 jam. Kulit pisang mengandung beberapa mineral yang dapat berfungsi sebagai elektrolit. Mineral dalam jumlah terbanyak adalah potasium atau kalium ( $\text{K}^+$ ). Kulit pisang juga mengandung garam sodium yang mengandung klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dalam jumlah sedikit. Reaksi antara potasium atau kalium dan garam sodium dapat membentuk kalium klorida atau KCl. Menurut Seran (2011), KCl merupakan elektrolit kuat yang mampu terionisasi dan menghantarkan arus listrik.

Dari kandungan limbah buah dan sayur yang memiliki sifat kelistrikan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif bio-baterai sebagai pengganti baterai.

Penelitian bio-baterai sebelumnya telah dilakukan Jauharah (2013), memanfaatkan limbah buah dan sayuran sebagai elektrolit, menggunakan elektroda Cu-Zn bentuk plat. Jenis limbah buah dan sayuran yang digunakan adalah jeruk, tomat, wortel, cabai dan pisang. Hasil percobaan menunjukkan bahwa limbah buah dan sayuran yang menghasilkan tegangan tertinggi adalah limbah buah jeruk dengan besar tegangan 0,95 volt. Elektrolit dari limbah buah jeruk juga menunjukkan waktu terlalu lama dalam menyalakan LED yaitu 75 jam. Imamah (2013) melakukan penelitian bio-baterai dengan variasi pasangan elektroda. Elektroda yang digunakan berbentuk silinder dengan kombinasi Cu-Fe, Al-Kuningan, Cu-Pb, Kuningan-Cu dan Cu-Al. Elektrolit yang digunakan adalah limbah buah jeruk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasangan elektroda Cu-Fe menghasilkan tegangan dan arus paling besar dibandingkan dengan pasangan elektroda lainnya yaitu sebesar 0,35 volt dan 0,29 mA dan mampu menyalakan lampu LED selama 18 jam.

Penelitian tersebut memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah besarnya ukuran prototipe bio-baterai yang digunakan, sehingga bio-baterai yang sudah dirangkai sulit untuk dipindah-pindahkan. Selain itu, larutan elektrolit yang digunakan berbentuk cairan dari limbah buah dan sayuran yang semakin lama akan menimbulkan bau tidak sedap. Berdasarkan percobaan sebelumnya, volume larutan tidak mempengaruhi kuat arus yang dihasilkan, sehingga prototipe bio-baterai masih bisa dibuat dalam ukuran yang lebih kecil. Dalam penelitian ini beberapa kekurangan tersebut diperbaiki dengan model bio-baterai menggunakan limbah buah dan sayuran yang dijadikan sebagai agar-agar elektrolit. Dengan menggunakan agar-agar yang disusun dengan anoda dan katoda, sehingga membentuk lapisan tipis, jarak antar elektroda semakin dekat sehingga akan menghasilkan arus dan tegangan yang lebih besar. Selain itu limbah buah dan sayuran yang dijadikan agar-agar tidak

akan menimbulkan bau busuk dan prototipe bio-baterai dapat dipindah maupun dibawa ketempat lain karena ukuranya lebih kecil dan lebih praktis.

Berdasarkan sifat kelistrikan buah dan sayuran serta prinsip kerja sel volta, maka dilakukanlah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kelistrikan yang ditimbulkan oleh berbagai limbah buah dan sayuran. Dari penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah buah-buahan dan sayuran menjadi energi alternatif bio-baterai sebagai pengganti baterai untuk kebutuhan sehari-hari.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana nilai arus dan tegangan listrik bio-baterai yang dihasilkan dengan variasi nilai hambatan pada berbagai macam elektrolit bentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran?
2. Bagaimana arus, tegangan dan energi listrik bio-baterai sebagai fungsi waktu dari elektrolit bentuk agar-agar dari berbagai macam limbah buah dan sayuran pada aplikasi penyalan LED?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam tulisan ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada suhu dan kelembaban ruangan yang relatif konstan, sehingga suhu dan kelembaban dianggap tidak mempengaruhi hasil penelitian
2. Kelistrikan buah dan sayuran yang akan diteliti adalah arus dan tegangan pada buah jambu biji, jeruk, nanas, kentang dan kubis dengan tingkat kematangan yang dianggap sama
3. Elektroda yang digunakan adalah pasangan elektroda plat Cu-Zn.
4. Penelitian ini menggunakan rangkaian seri-paralel, yaitu hubungan gabungan dari hubungan seri dan paralel

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Menentukan nilai kuat arus dan tegangan pada rangkaian seri-paralel bio-baterai dengan variasi nilai hambatan pada berbagai elektrolit berbentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran
2. Menyelidiki karakteristik arus, tegangan dan energi listrik sebagai fungsi waktu pada rangkaian seriparalel bio-baterai dengan elektrolit berbentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik serta nilai arus dan tegangan pada rangkaian seri-paralel bio-baterai dengan elektrolit bentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran
2. Dapat menggunakan energi listrik alternatif dari limbah buah dan sayur sebagai bio-baterai yang ramah lingkungan.
3. Dapat membantu mengurangi jumlah limbah organik, khususnya limbah buah dan sayuran.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Energi dan Daya Listrik

Dalam rangkaian listrik, daya dan energi merupakan suatu besaran yang penting. Daya listrik pada suatu elemen adalah hasil kali dari tegangan dan arus yang mengalir pada elemen tersebut, sedangkan tenaga keseluruhandidefinisikan sebagai energi listrik (Mismail, 1995).

#### 2.1.1 Arus

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu. Terjadinya arus listrik dikarenakan adanya aliran elektron. Muatan sebuah elektron, sering dinyatakan dengan simbol  $q$  atau  $e$  dinyatakan dengan satuan coulomb, yaitu sebesar  $q \approx 1,6 \times 10^{-19}$  coulomb. Jika suatu benda bermuatan negatif berarti benda tersebut mempunyai kelebihan elektron. Muatan listrik bisa mengalir melalui kabel atau penghantar listrik lainnya. Pada dasarnya dalam kawat penghantar terdapat aliran elektron dalam jumlah yang sangat besar, jika jumlah elektron yang bergerak ke kanan dan ke kiri sama besar maka tidak terjadi aliran elektron. Namun jika ujung sebelah kanan kawat menarik elektron sedangkan ujung sebelah kiri melepaskannya maka akan terjadi aliran elektron ke kanan. Aliran elektron inilah yang disebut arus listrik. Arah arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor adalah dari potensial tinggi ke potensial rendah. Satuan yang digunakan adalah ampere, dimana

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.1)$$

1 ampere = 1 coulomb/detik

contoh besarnya arus listrik yang digunakan dalam beberapa peralatan tertera pada

Tabel 2.1

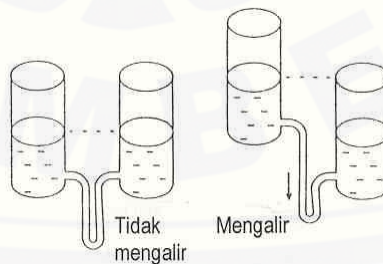
Tabel 2.1 Arus listrik dalam baterai dan sumber tegangan pada beberapa peralatan

Jenis Peralatan	Arus
Stasiun pembangkit	1000 A
Starter mobil	100 A
Bola lampu	1 A
Radio kecil	10 Ma
Jam tangan	1 Ma

Sumber: (Sutrisno, 1986).

## 2.1.2 Tegangan

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dinyatakan dalam satuan volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor. Akan lebih mudah aliran listrik dianalogikan dengan aliran air. Misalkan 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada Gambar 2.1 jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan dalam hal ini tidak ada aliran air dalam pipa. Jika salah satu tabung diangkat maka dengan sendirinya air akan mengalir dari tabung tersebut ke tabung yang lebih rendah. Semakin tinggi tabung diangkat semakin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 2.1 Aliran air pada bejana (Sutrisno, 1986)



Terjadinya aliran tersebut dapat dipahami dengan konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Perbedaan tinggi kedua tabung sekaligus menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa. Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar, yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dengan satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir.

### 2.1.3 Daya Listrik

Menurut Tobing (1996), misalkan suatu potensial  $V$  dilewatkan ke suatu beban dan mengalirlah arus  $I$ . Energi yang diberikan ke masing-masing elektron yang menghasilkan arus listrik sebanding dengan  $V$  (beda potensial). Energi yang diberikan pada elektron tiap satuan waktu didefinisikan sebagai daya (*power*) dengan satuan watt, sebesar

$$P = Vdq/dt = vi \quad 2.2$$

dimana 1 watt = 1 volt x 1 amper

### 2.1.4 Hukum Ohm

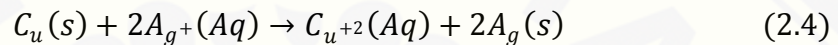
Pada konduktor logam, hubungan arus yang mengalir dengan potensial diatur oleh Hukum Ohm. Ohm menggunakan rangkaian sumber potensial secara seri, mengukurbesarnya arus yang mengalir dan menemukan hubungan linier sederhana, dituliskan sebagai

$$V = IR \quad (2.3)$$

dimana  $R = V/I$  disebut hambatan dari beban.  $R$  menjadi ukuran seberapa besar konduktor tersebut menahan laju aliran elektron (Faissler, 1991).

## 2.2 Elektrokimia

Reaksi elektrokimia dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik, energi listrik dihasilkan oleh pelepasan elektron pada suatu elektroda (oksidasi) dan penerimaan elektron pada elektroda lainnya (reduksi). Istilah oksidasi dan reduksi dinamakan sebagai reaksi redoks. Reaksi redoks dapat dibagi menjadi dua setengah reaksi. Setengah reaksi pertama menyatakan reaksi oksidasi sedangkan setengah reaksi kedua menyatakan reaksi reduksi. Misal:



Dengan kata lain pada sel elektroda kimia, kedua setengah reaksi dipisahkan dengan maksud agar aliran listrik (elektron) yang ditimbulkan dapat dipergunakan. Salah satu faktor yang mencirikan sebuah sel adalah gaya gerak listrik (GGL) atau perbedaan potensial listrik antara anoda dan katoda (Bird, 1987).

### 2.2.1 Elektroda-Elektroda

#### a. Anoda

Sistem selvolta pada bateraiterdapat istilah anoda dan katoda. Anoda adalah elektroda dengan kutub positif dan katoda adalah elektroda dengan kutub negatif. Dalam sel galvanik, reaksi oksidasi terjadi secara spontan. Anion (ion yang bermuatan negatif) bergerak menuju anoda dan kation (ion bermuatan positif) bergerak menuju katoda (Svehla, 1985).

#### b. Katoda

Katoda adalah kebalikan dari anoda, yaitu tempat berlangsungnya reduksi berbagai zat kimia. Katoda adalah elektrodadalam sel elektrokimia, terpolarisasi jika arus listrik mengalir keluar darinya.

## 2.2.2 Deret Kereaktifan Logam (Deret Volta)

Deret volta secara umum didefinisikan sebagai urutan logam-logam dari reduktor terkuat sampai reduktor terlemah atau deretan unsur logam yang disusun berdasarkan potensial reduksi standarnya ( $E^0$ ). Setiap logam mempunyai sifat reduktor, sebab cenderung melepaskan elektron atau mengalami oksidasi. Urutan deret volta yaitu: Zn, Ni, Sn, Ca, Li, Ba, Na, K, Mg, Fe, Mn, Pb, Al, (H), Hg, Au, Cu, Ag, Pt. Semakin ke kiri letak suatu logam dalam deret volta, sifat reduktornya semakin kuat dan begitu sebaliknya, suatu logam dalam deret volta mampu mereduksi ion-ion dikananya, tetapi tidak mampu mereduksi ion-ion dikirinya (Dogra, 1990).

## 2.2.3 Potensial Elektroda

Banyaknya arus listrik yang dihasilkan dari kedua elektroda dapat ditentukan dengan menetapkan potensial elektroda ( $E^0$ ) yaitu beda potensial antara anoda dan katoda. Sebagai pembanding (standar) digunakan potensial elektroda hidrogen. Potensial elektroda hidrogen standar diberi harga = 0 volt ( $E^0 = 0$  volt). Jika ada suatu zat yang lebih mudah melakukan reduksi dibanding *hydrogen*, maka harga potensial elektrodanya adalah positif. Jika lebih mudah melakukan oksidasi, maka potensial elektrodanya bertanda negatif (Jasjfi, 1996).

## 2.2.4 Jenis-Jenis Sel Elektrokimia

Ada berbagai macam sel elektrokimia, jenis-jenis sel elektrokimia diantaranya:

### a. Aki (Accu)

Aki terbuat dari lempengan timbal sebagai anoda dan timbal yang dilapisi dengan  $PbO_2$  sebagai katoda. Kedua jenis lempeng dicelupkan ke dalam larutan asam sulfat. Kedua elektrodanya mempunyai permukaan yang luas dan disusun berdekatan satu dengan yang lain dengan menggunakan rangka yang kaku. Apabila digunakan dalam waktu yang cukup lama, maka kedua elektroda akan dilapisi  $PbSO_4$  dan air yang dihasilkan akan mengencerkan asam sulfat yang terdapat dalam sel. Aki

merupakan salah satu contoh sel sekunder karena reaksi reduksi yang berlangsung pada sel ini dapat dibalik dengan jalan mengalirkan arus listrik. Dengan memberikan arus listrik dari luar dengan arah yang berlawanan, reaksi yang terjadi akan merupakan kebalikan dari reaksi. Asam sulfat akan terbentuk kembali dan  $\text{PbSO}_4$  akan membentuk  $\text{Pb}$  dan  $\text{PbO}_2$  lagi. Jadi dengan mengalirkan arus listrik dari luar dengan arah yang berlawanan, sel akan dapat digunakan lagi.

## b. Sel Bahan Bakar

Sel bahan bakar merupakan suatu sel elektrokimia yang disusun sedemikian rupa sehingga bahan yang digunakan untuk membentuk elektroda secara terus menerus diubah dalam sel untuk menghasilkan listrik.

## c. Sel Kering Leclanche

Sel Leclanche dikenal sebagai sel primer karena tidak dapat diisi kembali atau reaksinya tidak dapat dibalik. Wadah berfungsi sebagai anoda. Di tengah-tengah sel ditempatkan katoda karbon inert. Elektrolit yang berupa pasta terdiri dari  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan *carbon black*. Nilai GGL sel inikurang lebih 1,5 volt (Bird, 1987).

## 2.3 Sel Galvani

Dalam bidang elektrokimia dipelajari semua reaksi kimia yang disebabkan oleh energi listrik serta reaksi kimia yang menghasilkan energi listrik. Sel galvani adalah sel dimana energi bebas dari reaksi kimia diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan dua elektroda dan elektrolit. Elektroda dihubungkan oleh penghantar luar yang mengangkut elektron ke dalam sel atau keluar sel. Reaksi elektroda adalah setengah reaksi yang berlangsung dalam setengah sel. Kedua setengah sel dihubungkan dengan jembatan garam. Arus dibawa oleh ion-ion yang bergerak melalui jembatan garam. Sel galvani atau sel volta dapat menghasilkan energi listrik sebagai hasil reaksi kimia yang berlangsung spontan.

Menurut Hiskia (1992a), cara kerja sel galvani sebagai berikut:

- a. Pada anoda terjadi oksidasi dan elektron bergerak menuju elektroda
- b. Elektron mengalir melalui sirkuit luar menuju ke katoda
- c. Elektron berpindah dari katoda ke zat dalam elektrolit. Zat yang menerima elektron mengalami reduksi
- d. Dalam sirkuit dalam, muatan diangkut oleh kation ke katoda dan oleh anion ke anoda.

Ada dua macam sel galvani yaitu sel galvani reversibel dan sel galvani komersial.

## 1. Sel galvani reversibel

Sel ini tidak digunakan sebagai sumber arus listrik, tetapi sebagai sumber potensial. Ada dua jenis sel galvani reversibel, yaitu:

- a. Sel kimia yang terdiri dari dua macam elektroda
- b. Sel konsentrasi, yang terdiri dari dua elektroda yang sama dengan konsentrasi elektrolit yang berbeda.

## 2. Sel komersial

Sel ini digunakan sebagai sumber arus listrik misalnya

- a. Sel primer (batu baterai)
- b. Sel sekunder (aki)
- c. Sel bahan bakar

## 2.4 Baterai

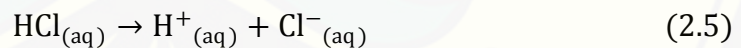
Elemen kering atau baterai adalah sumber tegangan yang lebih lama mengalirkan arus listrik daripada elemen Volta. Elemen kering dibuat pertama kali pada tahun 1866 oleh Leclanche. Elemen kering ini terdiri atas Zn yang berbentuk bejana dan logam dalam Zn ini dilapisi karbon (batang arang). Karena batang arang memiliki potensial lebih tinggi daripada Zn, maka batang arang sebagai anoda, sedangkan Zn sebagai katoda. Bagian dalam elemen kering ini terdapat campuran antara salmiak atau amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) serbuk arang dan batu kawi atau mangandioksida ( $\text{MnO}_2$ ). Campuran ini berbentuk pasta yang kering. Karena

elemen ini menggunakan larutan elektrolit berbentuk pasta yang kering maka disebut elemen kering.

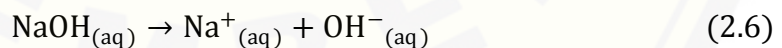
Pada elemen kering,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sebagai larutan elektrolit dan  $\text{MnO}_2$  sebagai depolarisator. Kegunaan depolarisator yaitu dapat meniadakan polarisasi. Sehingga arus listrik pada elemen kering dapat mengalir lebih lama sebab tidak ada gelembung-gelembung gas. Arus listrik pada baterai mengalir searah dan terjadi bila kutub positif dihubungkan dengan kutub negatif. Oleh sebab itu aliran baterai dinamakan *Direct Current (DC)*. Untuk menambah tegangan listrik baterai dapat disusun secara seri, yaitu disusun berurutan dengan kutub positif-negatif dengan berselang-seling. Misalnya 3 buah baterai mempunyai tegangan 1,5 volt yang disusun seri akan mempunyai tegangan 4,5 volt. Adapun pasangan paralel adalah jika masing-masing kutub baterai yang sama saling dihubungkan, tegangan listrik yang didapat tidak bertambah, tetapi arus yang mengalir akan menjadi lebih besar (Hiskia, 1992b).

## 2.5 Teori Asam Basa

Pada tahun 1887 Arrhenius mengajukan suatu teori yang mengatakan bahwa apabila suatu elektrolit melarut, sebagian dari elektrolit ini terurai menjadi partikel positif dan partikel negatif yang disebut ion. Elektrolit yang kuat terurai sempurna, elektrolit yang lemah hanya terurai sebagian. Suatu jenis zat yang jika terurai menghasilkan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) disebut asam, misalnya  $\text{HCl}$  (Suminar, 1987).



Basa jika terurai menghasilkan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ )



Asam kuat dan basa kuat terurai sempurna dalam larutan air. Oleh karena itu konsentrasi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sama dengan konsentrasi zat terlarut. Kekuatan asam bergantung juga pada pelarutnya. Makin kuat sifat kebasaaan pelarut, makin mudah

asam melepaskan proton. Asam asetat adalah asam lemah dalam larutan air, tetapi dalam amonia cair yang basanya lebih kuat dari air merupakan asam kuat

Menurut Hiskia (1996), Faktor yang menentukan kekuatan relatif asam dan basa adalah sebagai berikut:

- a. Kepolaran
- b. Ukuran atom
- c. Muatan
- d. Bilangan oksidasi

## **2.6 Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit**

Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik sedangkan larutan non elektrolit tidak menghantarkan arus listrik. Berdasarkan teori Arrhenius, larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena didalam larutan terkandung atom-atom bermuatan listrik yang bergerak bebas. Atom yang bermuatan listrik disebut ion. Ketika diberi beda potensial, ion yang bermuatan negatif (anion) bergerak menuju anoda, ion yang bermuatan positif (kation) bergerak menuju katoda karena adanya perbedaan muatan. Aliran ion inilah yang menyebabkan larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik. Senyawa yang seluruhnya di dalam air terurai menjadi ion-ion sehingga memiliki daya hantar listrik yang baik disebut elektrolit kuat. Senyawa yang termasuk elektrolit kuat mempunyai daya hantar listrik yang baik walaupun memiliki konsentrasi yang kecil. Sebaliknya senyawa yang sebagian kecil terurai menjadi ion disebut elektrolit lemah. Senyawa yang termasuk elektrolit lemah mempunyai daya hantar yang relatif buruk walaupun memiliki konsentrasi tinggi (pekat). Beberapa contoh elektrolit kuat dan elektrolit lemah tertera pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Penggolongan sifat larutan

Jenis Larutan	Sifat dan Pengamatan Lain	Contoh Senyawa	Reaksi Ionisasi
Elektrolit Kuat	- terionisasi sempurna - menghantarkan arus listrik - lampu menyala terang - terdapat gelembung gas	NaCl, HCl, NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan KCl	NaCl → Na <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup> NaOH → Na <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → 2H <sup>+</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> KCl → K <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup>
Elektrolit Lemah	- terionisasi sebagian - menghantarkan arus listrik - lampu menyala redup - terdapat gelembung gas	CH <sub>3</sub> COOH, N <sub>4</sub> OH, HCN, dan Al(OH) <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH → H <sup>+</sup> + CH <sub>3</sub> COOH <sup>-</sup> HCN → H <sup>+</sup> + CN <sup>-</sup> Al(OH) <sub>3</sub> → Al <sup>3+</sup> + 3OH <sup>-</sup>
Non Elektrolit	- tidak terionisasi - tidak menghantarkan arus listrik - lampu tidak menyala - tidak terdapat gelembung gas	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> , C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> , CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> dan C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH

Sumber: Seran (2011).

## 2.7 Buah dan Sayuran

Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena di dalam larutan terkandung atom-atom bermuatan listrik yang disebut ion. Larutan elektrolit dapat berupa asam, basa dan garam. Limbah sayuran dan buah-buahan mengandung cairan asam serta mengandung ion-ion elektrolit seperti kalium dan natrium. Cairan elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah dari sayur dan buah-buahan diantaranya; jambu biji, jeruk, nanas, kentang dan kubis.

### 2.7.1 Jambu Biji

Jambu biji adalah salah satu tanaman buah jenis perdu, dalam bahasa Inggris disebut *Lambo guava*. Tanaman ini berasal dari Brazilia Amerika Tengah, menyebar ke Thailand kemudian ke negara Asia lainnya seperti Indonesia. Hingga saat ini telah dibudidayakan dan menyebar luas di daerah-daerah Jawa. Manfaat tanaman yaitu, sebagai makanan buah segar maupun olahan, mempunyai gizi dan mengandung



vitamin A dan vitamin C yang tinggi dengan kadar gula 8%, sebagai pohon pembatas di pekarangan dan sebagai tanaman hias, daun dan akarnya juga dapat digunakan sebagai obat tradisional.

Tabel 2.3 Kandungan gizi jambu biji

Kandungan	Jumlah	Kandungan	Jumlah
Energi	49,00 kal	Vitamin B1	0,05 mg
Protein	0,90 g	Vitamin B2	0,04 mg
Lemak	0,30 g	Vitamin C	87,00 mg
Karbohidrat	12,20 g	Niacin	1,10 mg
Kalsium	14,00 mg	Serat	5,60 g
Fosfor	28,00 mg	Air	86 g
Besi	1,10 mg	Bagian yang dapat dimakan	82%
Vitamin A	25 SI		

Sumber: Poejiati, 1994

Menurut Pusat informasi pertanian (1993), taksonomi tanaman jambu biji diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Myrtales

Family : Myrtaceae

Genus : *Psidium*

Spesies : *Psidium guajava*

### 2.7.2 Kentang

Kentang merupakan tanaman umbi-umbian dan tergolong tanaman setahun yang kaya akan karbohidrat. Indonesia merupakan penghasil kentang yang besar, perkebunan kentang di Indonesia tersebar di daerah dataran tinggi (Adiyoga, 2009).

Tanaman ini berasal dari daerah subtropis di Eropa yang masuk ke Indonesia pada saat bangsa Eropa memasuki Indonesia di sekitar abad ke 17 atau 18. Kentang (*Solanum tuberosum* L.) telah menjadi salah satu makanan pokok penting di Eropa. Tanaman ini merupakan herba (tanaman pendek tidak berkayu) semusim dan menyukai iklim yang sejuk. Kentang mengandung kalium lebih banyak dibandingkan sayuran segar lainnya, bahkan lebih dari pisang. Satu kentang memiliki hampir 900 miligram, yang merupakan sekitar 20% dari apa yang dibutuhkan setiap hari. Zat-zat gizi yang terkandung dalam 100 gram bahan adalah kalori 347 kal, protein 0,3 gram, lemak 0,1 gram, karbohidrat 85,6 gram, kalsium (Ca) 20 gram, fosfor (P) 30 mg, besi (Fe) 0,5 mg dan vitamin B 0,04 mg (Rubatzky, 1998).

### 2.7.3 Nanas

Nanas merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Ananas comosus*. Nanas berasal dari Brazilia (Amerika Selatan). Pada abad ke-16 orang Spanyol membawa nanas ke Filipina dan Semenanjung Malaysia, masuk ke Indonesia pada abad ke-15. Di Indonesia pada mulanya hanya sebagai tanaman pekarangan, kemudian meluas ditanam di lahan kering di seluruh wilayah nusantara. Tanaman ini kini dipelihara di daerah tropik dan sub tropik. Nanas kaya akan vitamin A dan C yang bersifat antioksidan. Selain itu juga mengandung kalsium, fosfor, magnesium, mangan, zat besi, thiamin, natrium, kalium, gula buah (sukrosa), serta enzim bromelain, suatu enzim protease yang bekerja sebagai pemecah protein. Nanas juga mengandung asam amino esensial maupun non-esensial. Kedua senyawa tersebut dapat menguatkan kekebalan tubuh serta membantu tubuh mengatasi rasa lelah (Sudarmaji, 1989).

### 2.7.4 Jeruk

Jeruk adalah tanaman buah tahunan yang berasal dari Asia. Cina dipercaya sebagai tempat pertama kali jeruk tumbuh. Sejak ratusan tahun yang lalu, jeruk telah tumbuh di Indonesia baik secara alami atau dibudidayakan. Manfaat tanaman jeruk

sebagai makanan buah segar atau makanan olahan, dengan kandungan vitamin C yang tinggi. Di beberapa negara telah diproduksi minyak dari kulit dan biji jeruk, gula tetes, alkohol dan pektin dari buah jeruk yang terbuang. Minyak kulit jeruk dipakai untuk membuat minyak wangi, sabun wangi, esens minuman dan untuk campuran kue. Beberapa jenis jeruk seperti jeruk nipis dimanfaatkan sebagai obat tradisional penurun panas, pereda nyeri saluran napas bagian atas dan penyembuh radang mata (Anonim, 2009).

## 2.7.5 Kubis

Kubis merupakan jenis tumbuhan lunak, yang memerlukan proses penggemburan tanah dan pengairan yang cukup. Kubis merupakan sayuran yang mempunyai peran penting untuk kesehatan manusia. Kubis banyak mengandung vitamin dan mineral yang sangat dibutuhkan tubuh manusia. Sebagai sayuran, kubis dapat membantu pencernaan dan menetralkan zat-zat asam (Pracaya, 2005). Kandungan zat aktif lainnya, sulforafan dan histidine dapat menghambat pertumbuhan tumor, mencegah kanker kolon dan rektum, senyawa kimia berbahaya seperti kobalt, nikel, tembaga yang berlebihan didalam tubuh serta meningkatkan daya tahan tubuh untuk melawan kanker. Kandungan asam amino dalam sulfurnya juga berkhasiat menurunkan kadar kolesterol yang tinggi, penenang saraf dan pembangkit semangat. Secara umum, sebuah kol segar mengandung air, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, besi, natrium, kalium, vitamin A, vitamin C, vitamin E, tiamin, riboflavin, nicotinamide, kalsium dan beta karoten (Vincent, 1998).

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Jember dari bulan Januari 2015 sampai selesai. Observasi telah dilakukan pada bulan Mei 2014.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

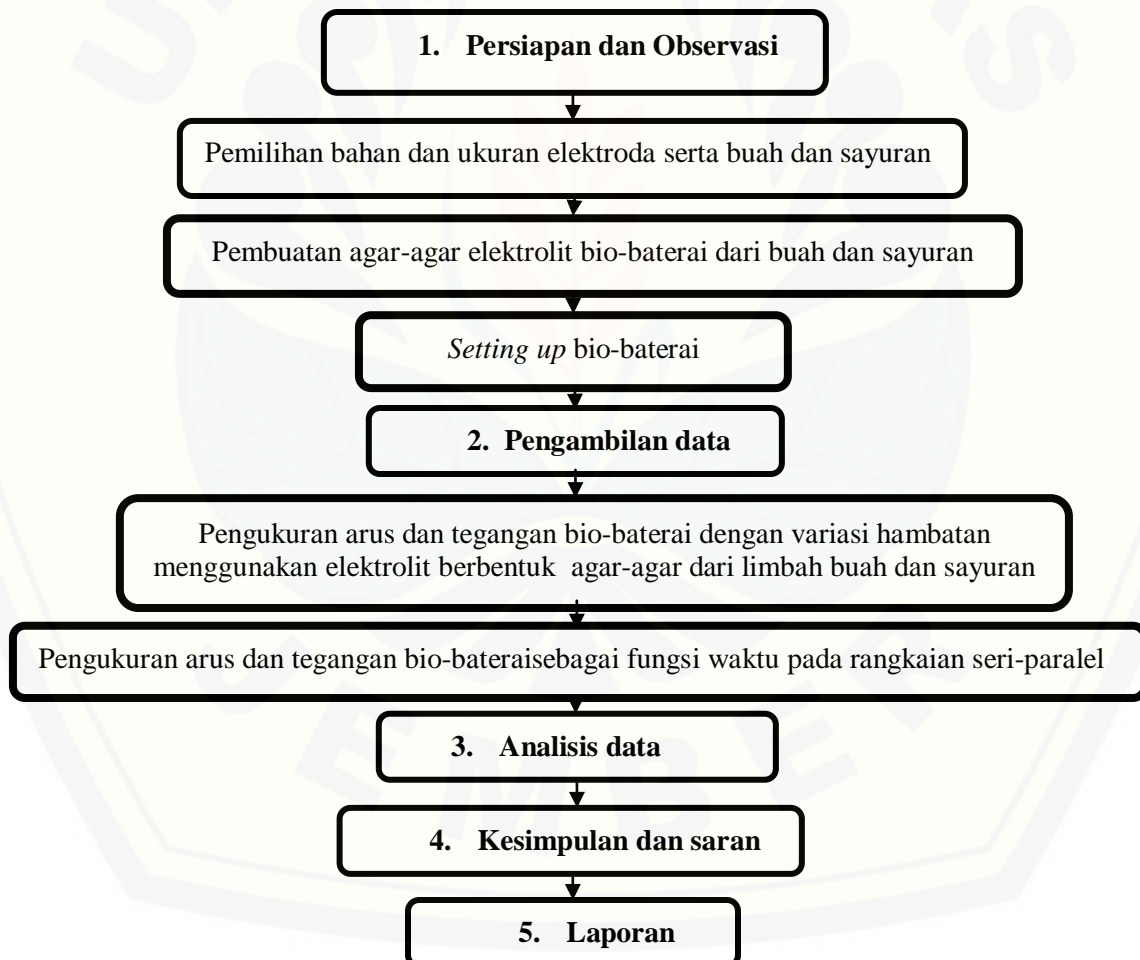
1. Timbangan, sebagai alat pengukur massa
2. Gelas ukur, sebagai alat pengukur volume larutan
3. pH meter, sebagai alat pengukur nilai pH buah dan sayuran
4. Termometer, sebagai alat pengukur suhu buah dan sayuran
5. Penggaris, sebagai alat pengukur tebal agar-agar bio-baterai
6. *Blender* listrik, digunakan untuk menghaluskan buah dan sayuran
7. Penyaring, digunakan untuk menyaring buah dan sayuran yang sudah dihaluskan
8. Wadah plastik dengan ukuran volume 500 ml, sebagai wadah sel bio-baterai
9. Multimeter digital, sebagai alat pengukur tegangan dan arus bio-baterai
10. Kabel dan jepit buaya, sebagai penghubung rangkaian bio-baterai, voltmeter, amperemeter dan beban
11. Pengaduk magnetik, digunakan untuk mengaduk agar-agar dalam larutan buah dan sayuran
12. *Hot platter*, digunakan untuk memasak agar-agar

## 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Limbah buah dan sayuran; jambu biji, jeruk, nanas, kentang dan kubis
2. Agar-agar murni, untuk membuat agar-agar buah dan sayuran
3. Resistor, dengan beberapa nilai yang bervariasi mulai dari yang kecil sampai nilai yang besar yaitu;  $0\Omega$ ,  $10\Omega$ ,  $50\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $200\Omega$ ,  $400\Omega$ ,  $600\Omega$ ,  $800\Omega$ ,  $1k\Omega$ ,  $2k\Omega$ ,  $4k\Omega$ ,  $6k\Omega$ ,  $8k\Omega$ ,  $10k\Omega$ ,  $100k\Omega$ ,  $1M\Omega$  dan  $10M\Omega$
4. Elektroda plat Cu-Zn dan dioda jenis LED

## 3.3 Tahap Penelitian



Gambar 3.1 Bagan tahapan penelitian

## 3.3.1 Persiapan dan Observasi

### a. Pemilihan Bahan dan Ukuran Elektroda serta Buah dan Sayuran

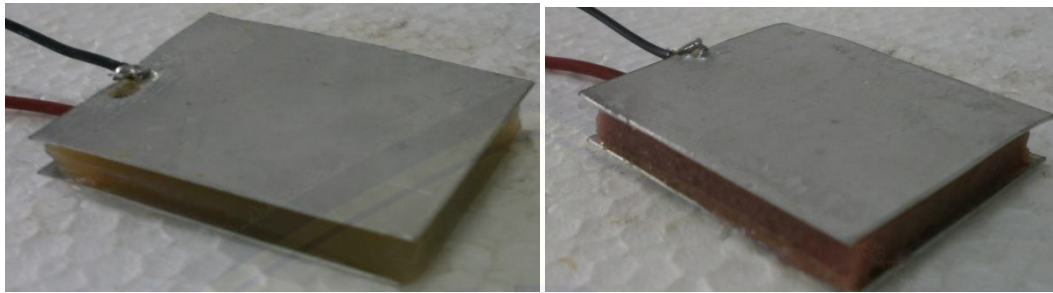
Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda plat seng (Zn) dan tembaga (Cu) dengan ukuran 4x4 cm. Pemilihan pasangan elektroda ini berdasarkan potensial elektroda yang dimiliki, Zn melakukan oksidasi dan bertindak sebagai anoda. Potensial elektroda Cu mengalami reduksi dan bertindak sebagai katoda. Selain itu elektroda Cu-Zn paling mudah diperoleh dipasaran daripada logam yang lain. Buah dan sayuran yang digunakan sebagai bahan dasar penelitian ini adalah buah dan sayuran yang biasa dikonsumsi sehari-hari dan dibudidayakan di Indonesia, yaitu jambu biji, jeruk, nanas, kentang dan kubis dengan tingkat kematangan yang dianggap sama.

### b. Pembuatan Agar-agar Elektrolit Bio-baterai dari Buah dan Sayuran

Elektrolit buah dan sayuran dibuat menjadi agar-agar dengan tujuan efisiensi, memudahkan *Setting up* bio-baterai serta mencegah dari pembusukan. Langkah pertama pembuatan agar-agar bio-baterai yaitu mencampur 12 gram agar-agar murni yang sudah dihaluskan dengan 300 gram larutan buah dan sayuran yang sudah disaring, kemudian dipanaskan pada *hot platter* dengan suhu 150 °C selama 30 menit. Selama pemasakan tersebut, campuran agar-agar dan elektrolit diaduk dengan pengaduk magnetik. Setelah 30 menit agar-agar dituangkan pada wadah yang tebalnya sesuai dengan ukuran tebal agar-agar yaitu 0,5 cm. Kemudian agar-agar dipotong sesuai dengan ukuran elektroda (4x4 cm).

### c. *Setting up* Bio-baterai

Bio-baterai menggunakan sepasang elektroda Cu-Zn dan agar-agar dari larutan buah dan sayuran. Pertama, elektroda Cu dan Zn disolder dengan kabel kemudian agar-agar yang telah dipotong sesuai ukuran elektroda diletakkan diantara kedua elektroda tersebut. Elektroda yang telah dilapisi agar-agar buah jeruk, nanas, jambu, kentang dan kubis hasilnya diperlihatkan pada Gambar 3.2

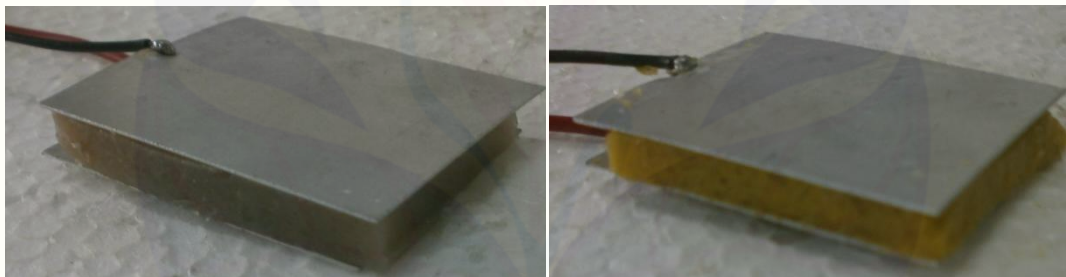


(a). Nanas

(b). Jambu



(c). kentang



(d). Kubis

(e). Jeruk

Gambar 3.2 *Setting upbio-baterai*

elektroda dengan lapisan agar-agar tersebut dilapisi dengan penyekat yang terbuat dari bahan plastik supaya tidak bersentuhan dengan sel elektroda lainya. *Setting upbio-baterai* ini dibutuhkan sebanyak enam sel untuk masing-masing elektrolit jeruk, nanas, jambu, kentang dan kubis. Enam sel bio-baterai tersebut dimasukkan kedalam wadah plastik tertutup dengan ukuran volume 500 ml kemudian dihubungkan secara seri dan paralel agar nilai arus dan tegangan yang dihasilkan lebih besar.

## d. Observasi

Observasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik bio-baterai sebelum melakukan penelitian. Pada observasi telah dilakukan beberapa percobaan, percobaan pertama yaitu mengukur tegangan dan arus dengan variasi luas permukaan elektroda yang tercelup elektrolit. Luas permukaan elektroda yang tercelup kedalam elektrolit diukur mulai 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm dan 6 cm. Dari pengukuran tersebut diperoleh peningkatan nilai arus dan tegangan pada luas permukaan 1 cm sampai 4 cm, setelah 4 cm amperemeter dan voltmeter tidak lagi menunjukkan perubahan nilai, sehingga pada penelitian digunakan luas permukaan 4x4 cm. Percobaan kedua yaitu pengukuran arus dan tegangan pada sel bio-baterai tunggal. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan variasi bahan elektrolit. Diperoleh nilai arus dan tegangan yang paling besar yaitu dari bahan elektrolit yang memiliki nilai pH terendah. Percobaan terakhir yaitu pengukuran arus dan tegangan dengan bio-baterai yang disusun secara seri dan paralel. Dari hasil percobaan diperoleh nilai arus yang lebih besar jika bio-baterai disusun paralel dan nilai tegangan yang lebih besar jika disusun seri.

## 3.3.2 Pengambilan Data

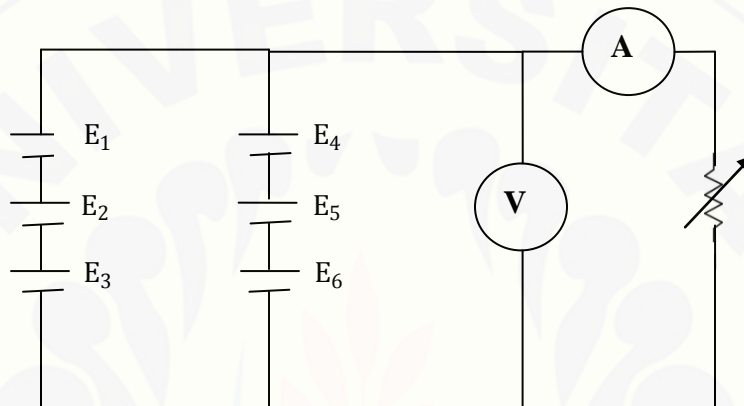
Data yang diambil pada penelitian ini adalah nilai arus dan tegangan listrik dengan variasi nilai hambatan dan nilai arus dan tegangan listrik selama menghidupkan lampu LED pada rangkaian seri paralel bio-baterai dengan menggunakan elektrolit berbentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran

### a. Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik dengan Variasi Nilai hambatan pada Rangkaian Seri Paralel Bio-baterai

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh berbagai macam limbah buah dan sayuran pada variasi nilai hambatan. Elektroda yang digunakan adalah pasangan plat tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang dihubungkan pada resistor dengan masing-masing nilai resistor mulai dari nilai  $0\Omega$ ,  $10\Omega$ ,  $50\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $200\Omega$ ,  $400\Omega$ ,  $600\Omega$ ,  $800\Omega$ ,  $1k\Omega$ ,  $2k\Omega$ ,  $4k\Omega$ ,  $6k\Omega$ ,

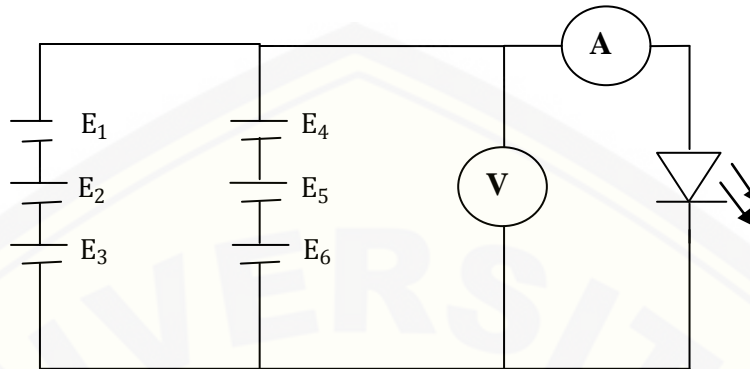


8k $\Omega$ , 10 k $\Omega$ , 100 k $\Omega$  , 1M $\Omega$  dan 10 M $\Omega$  kemudiandihubungkan dengan voltmeter dan amperemeter dengan menggunakan kabel dan penjepit buaya. Arus dan tegangan yang terbaca pada multimeter dicatat disetiap nilai resistor yang berbeda.Selanjutnya pengukuran diulang dengan menggunakan elektrolit yang berbeda.



Gambar 3.3 Rangkaian seri-paralel bio-baterai dengan variasi hambatan

- b. Pengukuran Arus dan Tegangan Bio-baterai Sebagai Fungsi Waktu Lama Penyalaan Lampu LED pada Setiap Agar-agar Elektrolit Buah dan Sayuran
- Bio-baterai dari limbah buah dan sayuran tidak bisa menghasilkan arus secara terus menerus. Untuk mengetahui energi dan karakteristik bio-baterai terhadap waktu, maka dilakukan pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh berbagai limbah buah dan sayuran selama penyalaan lampu LED. Pengukuran arus dan tegangan selama penyalaan LED menggunakan enam buah sel yang disusun seri-paralel. Ke-enam sel tersebut dihubungkan dengan voltmeter, amperemeter dan lampu LED dengan menggunakan kabel dan jepit buaya, seperti pada Gambar 3.4. Arus dan tegangan diukur setiap satu jam sekali pada lima jam pertama, selanjutnya diukur lima jam sekali hingga lampu LED mati. Pengukuran diulang dengan menggunakan elektrolit buah yang berbeda.



Gambar 3.4 Hubungan antara arus, tegangan dan waktu nyala lampu LED Pada rangkaian seri-paralel bio-baterai

### 3.33 Analisa Data

Hasil yang diperoleh dari penelitian ditabelkan dan dibuat grafik menggunakan *Microsoft Excel 2007*, kemudian data di uji statistik menggunakan Two Way Anova dengan program SPSS 18. Dari uji statistik tersebut dianalisis untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara jenis buah dan sayuran terhadap nilai arus dan tegangan yang dihasilkan bio-baterai.

## **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil dan Analisis Data**

Penelitian bio-baterai bahan elektrolit berbentuk agar-agar dari limbah buah dan sayuran ini menghasilkan nilai arus dan tegangan listrik pada bio-baterai seri paralel dengan variasi hambatan mulai dari  $0\Omega$ ,  $10\Omega$ ,  $50\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $200\Omega$ ,  $400\Omega$ ,  $600\Omega$ ,  $800\Omega$ ,  $1k\Omega$ ,  $2k\Omega$ ,  $4k\Omega$ ,  $6k\Omega$ ,  $8k\Omega$ ,  $10k\Omega$ ,  $100k\Omega$ ,  $1M\Omega$  sampai  $10M\Omega$  dan menghasilkan nilai arus, tegangan dan energi listrik terhadap lama penyalan LED yang dihasilkan oleh bio-baterai dari elektrolit bermacam limbah buah dan sayuran.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bio-baterai pada pengukuran arus dan tegangan serta lama penyalaan LED dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing elektrolit limbah buah dan sayuran dengan variasi hambatan berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan kuat arus. Elektrolit yang menghasilkan tegangan dan arus maksimum adalah buah nanas yaitu 2,18 volt dan 5,53 mA dan yang menghasilkan tegangan dan arus minimum adalah elektrolit kubis yaitu sebesar 1,44 volt dan 2,10 mA
2. Arus dan tegangan listrik terhadap penyalaan LED oleh masing-masing elektrolit mengalami penurunan terhadap waktu, sedangkandaya dan energi listrik yang dihasilkan masih sangat kecil. Dari uji penyalaan LED didapatkan hasil bahwa bio-baterai yang menghasilkan energi tertinggi dalam waktu 60 jam berturut-turut adalah elektrolit jambu  $54,56484 \pm 2,573$  joule, jeruk  $53,22376 \pm 2,550$  joule dan nanas  $50,91812 \pm 0,847$  joule. Namun elektrolit yang menghidupkan LED paling lama adalah elektrolit buah nanas yaitu selama 116 jam

### 5.2 Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai faktor-faktor dan metode yang dapat mempengaruhi peningkatan arus, tegangan dan energi yang dihasilkan oleh bio-baterai organik supaya menghasilkan bio-baterai ramah lingkungan yang dapat menggantikan penggunaan baterai komersial yang limbahnya berbahaya bagi lingkungan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Achmad, H. 1982. *Penuntun Belajar Kimia TPB II: Elektro Kimia*, Departemen Kimia FMIPA-ITB: Bandung.

Adiyoga, W. 2009. *Kentang dan Ketahanan Pangan: Implikasi Terhadap Kebijakan Program Penelitian dan Pengembangan*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.

Anonim. 2009. Buah lemon. <http://regionalinvestment.bkpm.go.id/newsipid/userfiles/daerah/6404/attachment/jeruk%20keprok.pdf>. Diakses [11 Juni 2014].

Bird, T. 1987. *Kimia Fisika Untuk Universitas*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Dogra, S. 1990. *Kimia Fisik dan Soal – Soal*. Universitas Indonesia. Jakarta.

Dugan, Roger C & Mc Granaghan, Mark F. 2003. *Electrical Power Systems Quality*. McGraw-Hill: Digital Engineering Library. [www.digitalengineeringlibrary.com]

Ensmann, R., Hacker, T. R., R.A.D. Wentwork. 1988. Vegetable Voltage and Fruit Juice: An Electrochemical Demonstration, *J. Chem. Ed.*, 65(8), pp. 727.

Fadli, M. U., Legowo, B., Purnama, B. 2012. Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (Ananas Comosus L. Merr). Universitas Sebelas Maret. *Indonesian Journal of Applied Physics* Vol.2 No.2 halaman 176 ISSN:2089 – 0133.

Faissler, W. 1991. *Modern Electronics*. Canada: John Wiley & Sons Inc

Hiskia, A. 1992a. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.

Hiskia, A. 1992b. *Kimia Unsur dan Radio Kimia*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.

Hiskia, A. 1996. *Kimia Lanjutan*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.

- Imamah, A.N. 2013. *Efek Variasi Bahan Elektroda serta Variasi Jarak an Elektroda Terhadap Kelistrikan yang Dihasilkan oleh Limbah Buah Je Jember*: Universitas Jember.
- Jasjfi, E. 1996. *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Jauharah, W.D. 2013. *Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai*. Jember: Universitas Jember.
- Kartawidjaja, M., Abdurrochman, A., Rumeksa, E. 2008. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008*. Lampung: Universitas Lampung: 105-115.
- Landis, E. H. 1909. Some of the Laws Concerning Voltaic Cells. *The Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania*. VoL. CLXVIII, No. 6, pp. 399-420.
- Mismail, B. 1995. *Rangkaian Listrik Jilid Pertama*. Bandung: ITB.
- Poejiati, A. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Pracaya. 2005. *Kol Alias Kubis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pratama. 2007. *Pemanfaatan Limbah Organik*. [http://pratama.ac.id/ category/ Aplikasi-modern-chitosan/](http://pratama.ac.id/category/Aplikasi-modern-chitosan/) pada tanggal 21 April 2012 pukul 09.02.
- Pusat Informasi Pertanian. 1993. *Trubus Kumpulan Kliping Jambu Biji; Jenis dan Manfaat Budidaya Panen dan Pasca Panen*. Jakarta: 108p: gamb.
- Rubatzky, V., dan Yamaguchi, M. 1998. *Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi dan Gizi*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Seran. E. 2011. *Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit*. <http://chemistry for peace not for war / index.html>. [18 juni 2011].
- Sharma, V. C., Sharma, A. 1992. Voltaic Cell Activities of Tree-Crops and Fruits Energy. Vol. 17, No. 10, pp. 993-995.
- Singgih, S. 2008. *Panduan Lengkap Menguasai SPSS 16*. Penerbit : PT. Alex Media Komputindao: Jakarta.
- Sucipto. 2007. *Energi Listrik Kulit Pisang*. Diakses melalui <http://Sucipto.ac.id/energilistriktenagapisang/> [14 Maret 2011].

Sudarmaji, S. 1989. *Analisis Bahan Makanan Dan Pertanian*. PAU Pangan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Suminar, A. 1987. *Kimia Dasar*. Bogor: PT Gelora Aksara Pratama.

Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dasar dan penerapannya Jilid 2*. Bandung: ITB.

Svehla, G. 1985. *Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

Tobing, D.L. 1996. *Fisika Dasar 1*. Jakarta: Gramedia.

Vincent, Y. 1998. *Sayuran Dunia. Prinsip, Produksi dan Gizi Edisi 2*. ITB: Bandung.