



**ANALISIS KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN LIMBAH BUAH
DAN SAYURAN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
BIO-BATERAI**

SKRIPSI

Oleh

**Wira Dian Jauharah
NIM 081810201021**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**ANALISIS KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN LIMBAH BUAH
DAN SAYURAN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
BIO-BATERAI**

SKRIPSI

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

Oleh

**Wira Dian Jauharah
NIM 081810201021**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT. yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta shalawat senantiasa terhatirkan kepada Nabi Muhammad SAW. dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah, Tugas Akhir/ Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Drs. Achmad Tontowi Djauhari dan Dra. Rodliana, terima kasih atas do`a, cinta, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan kasih sayang-Nya;
2. Adik tersayang Vannisa Aviana Melinda dan Citra Agaditya Rahma yang selalu memberi semangat dan keceriaan dalam hidup ini;
3. Kakanda Panji Pulanjiwo S.T., yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
4. Dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi, Drs.Yuda CahyoArgo Ph.d.,M.Sc dan Dra. Arry Nurhayati, terima kasih untuk waktu, bimbingan, nasihat dan doanya;
5. Seluruh Bapak/Ibu Guru dan Dosen-dosen, terimakasih telah memberikan ilmu, dukungan dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
6. Teman-teman lab. Biofisika, terimakasih atas motivasi dan persaudaraanya;
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2008 tersayang, terima kasih yang tak terhingga untuk semua kasih sayang, dukungan, motivasi, ilmu dan semangat persaudaraan serta doanya;
8. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

“.....Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap “
(terjemahan Surat *Asy-Syarah* ayat 4-8) *)

“Ada dua cara menjalani kehidupan ini. Satu, menjalani hidup serasa tidak ada keajaiban dalam hidup ini. Yang kedua, adalah menjalani hidup seolah-olah segala sesuatunya adalah keajaiban, mukjizat ada di mana-mana” **)

“Dunia ini terkutuk apa-apa di dalamnya, kecuali mengingat Allah dan apa-apa yang menyertainya, serta penyebar ilmu dan penuntut ilmu” ***)

*) Tim Penyusun. 2012. *Al-Qur'an Cordoba*. Bandung: PT. Cordoba Internasional Jakarta

**) Albert Einstein

***) HR Tirmidz

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wira Dian Jauharah

NIM : 081810201021

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: *Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-bataerai* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2013

Yang menyatakan,

(Wira Dian Jauharah)

NIM 081810201021

SKRIPSI

ANALISIS KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN LIMBAH BUAH DAN SAYURAN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF BIO-BATERAI

Oleh

**Wira Dian Jauharah
NIM 081810201021**

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuariatun Nurhayati

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc., Ph.D
NIP 196203111987021001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati
NIP 196109091986012001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si
NIP 196712151998021001

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si
NIP 197412152002121001

Mengesahkan
Dekan Fakultas MIPA,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai; Wira Dian Jauharah; 081810201021; 2013: 51 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Limbah buah-buahan dan sayur-sayuran yang sudah membusuk banyak terlihat di pasar sayur dan buah. Limbah buah dan sayur yang membusuk mengalami proses kimia yang dikenal sebagai fermentasi. Selama proses ini, buah-buahan dan sayuran menghasilkan asam lebih yang akan meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayuran. Sehingga, jus dari buah dan sayuran yang tua atau busuk menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada jus buah atau sayur yang segar. Dari sifat kelistrikan yang mengandung banyak elektrolit dari limbah buah-buahan dan sayur-sayuran tersebut, peneliti bertujuan untuk mengetahui nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai limbah buah jeruk, pisang, tomat, cabai dan wortel guna untuk membuat bio-baterai yang optimal

Penelitian dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama untuk mengetahui pengaruh jarak antar elektroda terhadap kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai tunggal limbah buah dan sayuran. Jarak antar elektroda yang digunakan adalah 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm dengan menggunakan elektroda Cu sebagai anoda dan Zn sebagai katoda. Luas elektroda yang digunakan (6 x 4) cm yang dicelupkan pada wadah bio-baterai dengan volume elektrolit 750 ml. Tahap kedua untuk mengetahui nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan bio-baterai seri-pararel. Elektroda yang digunakan lempengan Cu dan Zn masing-masing 6 buah dengan 6 wadah bio-baterai yang akan disusun secara seri-pararel dan diukur kuat arus dan tegangan. Tahap ketiga adalah untuk mengetahui bio-baterai limbah buah

dan sayuran mana yang dapat menyalakan lampu led yang paling lama. Dan tahap terakhir adalah mengukur hubungan kuat arus dan tegangan dengan pH.

Mengacu pada hasil dan analisis secara keseluruhan didapatkan hasil bahwa perubahan variasi jarak, hambatan dan pH akan memberikan nilai kuat arus dan tegangan yang berbeda. Semakin dekat jarak antar elektroda, semakin besar nilai arus dan tegangan, dan semakin besar nilai hambatan, kuat arus semakin kecil dan tegangan semakin besar. Begitu juga semakin besar nilai pH maka semakin kecil kuat arus dan tegangan yang dihasilkan dan sebaliknya.

Nilai pH terkecil dihasilkan oleh bio-baterai Limbah buah Jeruk dengan nilai pH 4,03. Bio-baterai tunggal yang menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan yang besar pada seluruh bio-baterai tunggal dimiliki oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda terdekat 2 cm. Bio-baterai limbah buah dan sayuran yang menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan terbesar baik bio-baterai tunggal maupun bio-baterai seri-pararel dimiliki oleh bio-baterai limbah buah jeruk dengan nilai kuat arus pada bio-baterai seri-pararel 0,93 mA dan nilai tegangan 2,72 volt. Bio-baterai yang mampu menyalakan lampu LED terlama adalah bio-baterai limbah buah Jeruk dengan lama waktu 75 jam.

PRAKATA

Segala puji milik Allah SWT penggendang alam semesta, yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *"Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai"*, sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata satu (S1) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA , 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 sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan dalam masa kuliah dan penulisan skripsi ini;
2. Dr. Edy Supriyanto S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I, Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Aisyah Noor Imamah dan teman-teman lab.Biofisika
4. seluruh dosen dan staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember terima kasih atas didikan dan bantuan hingga saat ini;
5. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Skripsi ini sangat jauh dari kesempurnaan, penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Energi	6
2.2 Kelistrikan	6
2.2.1Konduktivitas Listrik.....	7

2.2.2 Daya Listrik.....	7
2.2.3 Besaran-besaran Daya Listrik.....	7
2.2.4 Metode Pengukuran Daya Listrik	8
2.3 Elektrokimia.....	9
2.3.1 Reaksi oksidasi-reduksi.....	10
2.3.2 Elektroda-elektroda.....	10
2.3.3 Jenis-jenis sel elektrokimia	10
2.4 Sel Galvanik	11
2.5 Baterai	13
2.5.1 Jenis-jenis Baterai	13
2.5.2 Karakteristik Baterai	14
2.6 Logam.....	14
2.7 Derajat Keasaman	15
2.7.1 Hubungan Tingkat Keasaman dengan Ph.....	16
2.8 Kelistrikan buah dan sayuran	17
2.9 Buah dan Sayuran	19
2.9.1 Jeruk	19
2.9.2 Tomat	19
2.9.3 Wortel	20
2.9.4 Pisang	20
2.9.5 Cabai	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.2.1 Alat	23
3.2.2 Bahan	23
3.3 Tahap Penelitian.....	24
3.3.1 Persiapan	25

3.3.2 Pengambilan data.....	27
3.3.3 Analisa Data.....	30
3.3.4 Kesimpulan dan Saran	30
3.3.5 Laporan	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil dan Analisis Data Penelitian.....	31
4.1.1 Hasil dan Analisis Data Pengukuran Nilai Kuat Arus dan Tegangan pada Bio-baterai Tunggal	31
4.1.2 Hasil dan Analisis Data Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan pada Limbah Buah dan Sayuran pada Bio-baterai Seri-Pararel.....	41
4.1.3 Hasil dan Analisis Data Tegangan dan Lama Nyala waktu LED pada bio-baterai Limbah Buah dan Sayuran.....	44
4.1.4 Pengukuran pH pada Bio-baterai berbagai Limbah Buah dan Sayuran.....	46
4.2 Pembahasan.....	46
BAB 5. PENUTUP.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Daftar Tegangan per-sel.....	14
2.2 Tegangan Rata-rata dari berbagai macam Buah.....	17
2.3 Komposisi Wortel tiap 100 gram Bahan yang dapat dimakan	20
2.4 Komposisi Zat Gizi Pisang Tiap 100 gram Bahan.....	21
2.5 Kandungan Zat Gizi Buah Cabai (DepkesRI.1989).....	22
4.1 Nilai pH, standar deviasi, dan standar <i>error</i> bio-baterai pada berbagai macam limbah buah dan sayuran (n = 3).....	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Arah elektron dan ion dalam sel galvanik.....	12
2.2 Skala pH dari 0 sampai 14	16
2.3 Lama Umur dibanding tegangan dari Buah dan Sayuran.....	18
3.1 Bagan Tahapan Penelitian.....	23
3.2 Wadah prototipe bio-baterai I.....	25
3.3 Wadah prototipe bio-baterai II.....	26
3.4 Rangkaian Biobaterai Tunggal.....	28
3.5 Rangkaian seri-pararel biobaterai buah dan sayuran.....	28
3.6 Rangkaian seri-pararel biobaterai buah dan sayuran menggunakan lampu LED.....	29
4.1 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah jeruk.....	32
4.2 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah jeruk.....	32
4.3 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah tomat.....	34
4.4 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah buah tomat.....	34
4.5 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah cabai.....	36
4.6 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai limbah tunggal cabai.....	36

4.7	Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah wortel.....	38
4.8	Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah wortel.....	38
4.9	Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah pisang.....	40
4.10	Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah pisang.....	40
4.11	Grafik hubungan kuat arus dan hambatan pada bio-baterai seri-pararel pada berbagai limbah buah dan sayuran.....	42
4.12	Grafik hubungan tegangan dan hambatan pada bio-baterai seri-pararel pada berbagai limbah buah dan sayuran.....	42
4.13	Grafik Tegangan awal rata-rata pada berbagai macam bio-baterai limbah buah dan sayuran.....	45
4.14	Grafik lama waktu nyala LED pada berbagai macam bio-baterai limbah buah dan sayuran.....	45
4.15	Grafik hubungan nilai pH dan tegangan pada berbagai macam bio-baterai limbah buah dan sayuran.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Alat dan Bahan Penelitian.....	55
B. Tabel Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan pada Bio-baterai Tunggal.....	57
C. Tabel Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan pada Bio-baterai Seri-paralel.....	68
D. Tabel Hasil Pengukuran Bio-baterai Seri-Pararel untuk Lama Waktu Nyala LED.....	70
E. Nilai pH dan Tegangan Bio-baterai Tunggal.....	72

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah yang berupa buah-buahan dan sayur-sayuran yang sudah membusuk banyak terlihat di pasar sayur dan buah. Limbah merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia atau proses-proses alam, yang tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan limbah dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif apabila penanganan untuk membuang atau membersihkannya memerlukan biaya yang cukup besar, disamping limbah juga bisa mencemari lingkungan (Santoso,1998). Dari data yang diperoleh Pramono (2004) dari total sampah organik kota, sekitar 60% merupakan sayur-sayuran dan 40% merupakan daun-daunan, kulit buah-buahan dan sisa makanan.

Pada buah-buahan mengandung zat seperti asam askorbat, asam sitrat dan NADH (kimia yang menghasilkan energi sel), yang dalam kondisi tertentu bahan kimia tersebut bertindak sebagai elektrolit. Begitu juga dengan sayur-sayuran yang memiliki kandungan seperti asam, basa dan air (Lindstrom, tanpa tahun). Menurut Amin dan Dey (tanpa tahun), ketika buah dan sayuran mulai membusuk, terjadi proses kimia yang dikenal sebagai fermentasi. Selama proses ini, buah-buahan dan sayuran menghasilkan asam lebih yang meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayuran. Sehingga, jus dari buah dan sayuran yang masak atau busuk menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada jus buah atau sayur yang segar. Dari sifat kelistrikan yang mengandung banyak elektrolit dari limbah buah-buahan dan sayur-sayuran tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif terbarukan yang berupa bio-baterai sebagai pengganti baterai.

Pengembangan bio-baterai tersebut akan sangat berguna, mengingat bahwa dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak lepas dari pemanfaatan baterai. Baterai

merupakan sebuah sarana yang mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan aktif secara langsung menjadi energi listrik melalui reaksi reduksi dan oksidasi elektrokimia (redoks), yang terjadi pada elektroda (Linden, 2002). Baterai yang tersedia secara komersial mengandung logam berat seperti merkuri, timbal, kadmium dan nikel, yang mencemari lingkungan apabila baterai tidak dibuang dengan benar. Selain itu, baterai juga mahal apabila digunakan untuk tujuan penerangan yang lama (Jayashanta *et al.*, 2012). Sedangkan bio-baterai merupakan suatu baterai yang berasal dari bahan alam yang ramah lingkungan dan tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya serta dengan harga yang relatif sangat murah.

Menurut Kartawidjaja *et al.*(2008), prinsip bio-baterai hanya melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda yang dipisahkan oleh medium konduktif (elektrolit) serta memberikan kekuatan gerak elektro berupa potensial listrik dan arus. Medium konduktif atau elektrolit menurut Hiskia (1996), merupakan zat-zat yang dalam larutan atau leburannya dapat menghantarkan listrik. Ion-ion dalam larutan elektrolit dihasilkan dengan dua cara yaitu zat terlarut merupakan senyawa ion dan zat terlarut bukan senyawa ion tetapi jika dilarutkan dalam air, zat itu menghasilkan ion. Pada konduktor elektrolit, elektron mengalir dibawa oleh ion-ion dan yang dapat menghasilkan ion seperti asam, basa dan garam. Asam terdiri asam kuat yang banyak menghasilkan banyak ion serta asam lemah yang menghasilkan sedikit ion, dimana semakin asam suatu larutan maka makin kecil nilai pH-nya, begitu juga sebaliknya semakin lemah tingkat keasaman suatu larutan maka pH-nya makin besar. Dengan demikian apabila suatu larutan konduktor elektrolit memiliki tingkat keasaman yang tinggi (pH kecil) maka semakin banyak ion yang dihasilkan sehingga arus listrik yang dihasilkan juga semakin besar dan akibatnya konduktivitas larutan elektrolit tersebut juga semakin besar. Sebaliknya apabila suatu larutan konduktor elektrolit memiliki tingkat keasaman yang rendah (pH besar) maka semakin sedikit ion yang dihasilkan sehingga arus listrik yang dihasilkan juga semakin kecil dan akibatnya konduktivitas juga semakin kecil (Purnomo, 2010).

Konduktivitas listrik menunjukkan tingkat kemampuan cairan dalam menghantarkan listrik yang berhubungan dengan pergerakan ion di dalam larutan, ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar. Menurut Marince (2006), konduktivitas listrik larutan dipengaruhi oleh jumlah ion, mobilitas ion, tingkat oksidasi serta suhu. Konduktivitas pada buah seperti pada wortel juga cenderung meningkat terhadap lama penyimpanan. Buah-buahan dan sayuran yang mengandung asam mineral yang berupa asam klorida, asam sitrat, merupakan elektrolit kuat yang terurai sempurna menjadi ion dalam larutan air. Buah-buahan dan sayuran selain memiliki asam, juga banyak mengandung air, sehingga apabila ada dua logam yang berbeda dicelupkan, pada larutan buah-buahan dan sayuran tersebut akan timbul beda potensial antara logam dan air sehingga terjadilah potensial elektroda yang dapat menghasilkan arus listrik juga. Dari konsep dasar ini, maka buah-buahan dan sayuran dapat digunakan sebagai bahan elektrolit pengganti baterai sebagai bio-baterai.

Mengadopsi cara kerja dari baterai dan kandungan pada buah-buahan dan sayur-sayuran yang dapat menjadi larutan elektrolit, maka dilakukanlah penelitian “Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai”. Dalam penelitian ini, bio-baterai dibuat dengan menggunakan larutan elektrolit dari beberapa limbah buah dan sayuran yang banyak ditemukan di pasar buah dan sayuran pada umumnya, antara lain buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel yang dihaluskan terlebih dahulu dan dimasukkan ke dalam beberapa wadah bio-prototype yang sudah disediakan. Dalam larutan buah dan sayuran tersebut di celupkan elektroda yang kemudian disusun secara seri dan paralel. Elektroda yang digunakan yakni tembaga (Cu) yang digunakan sebagai katoda sebagai pengoksidasi (menerima elektron) dan Seng (Zn) yang digunakan sebagai anoda sebagai sumber elektron yang teroksidasi selama reaksi elektrokimia, sehingga diantara keduanya terjadi beda potensial. Beda potensial ini dapat membuat arus listrik yang bisa menghasilkan energi listrik. Arus listrik, beda potensial diukur menggunakan multimeter pada masing-masing susunan elektroda yang disusun secara seri maupun

paralel. Sehingga dari penelitian ini akan didapatkan hasil data berupa nilai kuat arus dan beda potensial yang dihasilkan dari masing-masing limbah buah dan sayuran tersebut. Dari penelitian ini diharapkan, limbah buah-buahan dan sayuran dapat menjadi energi pembangkit listrik alternatif sebagai bio-baterai pengganti baterai untuk berbagai kebutuhan rumah tangga dan sehari-hari.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian “Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai” adalah

1. Bagaimana nilai kuat arus dan tegangan pada larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel dengan variasi jarak elektroda?
2. Bagaimana nilai kuat arus dan tegangan pada larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel bila elektroda disusun secara seri-paralel?
3. Bagaimana hubungan pH pada limbah buah-buahan dan sayuran terhadap tegangan yang dihasilkan larutan limbah buah jeruk, tomat, cabai dan sayur wortel?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sifat kelistrikan buah yang akan diteliti adalah nilai kuat arus dan tegangan pada larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel.
2. Elektroda yang digunakan adalah Cu dan Zn.
3. Pengukuran dilakukan pada suhu dan kelembaban yang relatif konstan, sehingga diasumsikan tidak mempengaruhi hasil penelitian.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian “Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai” adalah

1. Menyelidiki hubungan jarak antar elektroda dengan kuat arus dan tegangan yang dihasilkan larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel.
2. Menentukan nilai kuat arus dan tegangan pada larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel dengan elektroda yang disusun secara seri-paralel
3. Menyelidiki hubungan pH terhadap tegangan yang dihasilkan larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Dapat mengetahui kuat arus dan tegangan pada larutan limbah buah jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel.
2. Dapat menjadi energi listrik alternatif sebagai bio-baterai pengganti baterai yang ramah lingkungan dan mudah digunakan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Energi bersifat kekal. Energi dapat berubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Perubahan bentuk energi ini disebut transformasi energi (Sutrisno, 1997).

Energi merupakan kuantitas yang mendasar, suatu konsep lain merupakan apa yang disebut daya, yang merupakan kecepatan energi itu per satuan waktu, atau dalam rumus

$$P = \frac{E}{t} \quad (2.1)$$

dimana E merupakan energi (joule, J), t satuan waktu (detik, s), dan P adalah daya (watt, W). Dengan demikian dapat dilihat dari rumus diatas, bahwa 1 watt = 1 joule per detik. Sebaliknya dapat ditulis pula rumus

$$E = P \times t \quad (2.2)$$

Sebagai hasil energi dari daya yang dipakai dalam suatu waktu (Kadir,1995).

2.2 Kelistrikan

Kelistrikan merupakan sesuatu yang biasa digunakan sehari-hari. Kata "listrik" berasal dari kata Yunani yaitu elektron (Tipler,1996). Dalam kelistrikan kita sering mendengar beberapa kata yang berhubungan dengan listrik, yakni konduktivitas listrik, daya listrik, arus listrik, beda potensial dan beberapa alat yang digunakan dalam mengukur besar dari listrik tersebut seperti ampermeter, voltmeter dan ohmmeter.

2.2.1 Konduktivitas Listrik

Daya hantar listrik suatu larutan bergantung pada jenis dan konsentrasi ion di dalam larutan. Ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik besar. Daya hantar listrik menunjukkan kemampuan fluida untuk menghantarkan listrik. Konduktivitas larutan sangat bergantung pada konsentrasi ion dan suhu air. Semakin besar nilai daya hantar listrik berarti kemampuan dalam menghantarkan listrik semakin kuat (Saeni, 1989).

2.2.2 Daya Listrik

Daya merupakan energi yang diperlukan tiap satuan waktu. Apabila suatu muatan lewat melalui hambatan, maka terjadi proses penurunan potensial. Jika selisih potensial kedua ujung resistor adalah V , maka jumlah energi yang hilang adalah :

$$P = V I \quad (2.3)$$

Hilangnya energi dalam resistor adalah sebagai akibat tumbukan yang berulang kali antara muatan yang mengalir dan atom-atom dari resistor. Akibatnya, atom mungkin bergetar disekitar posisi keseimbangannya. Peristiwa ini menyebabkan hilangnya energi dalam resistor dan berganti wujud panas (Tobing, 1996).

$$P = V I = (IR) I = I^2 R \quad (2.4)$$

2.2.3 Besaran-besaran Daya Listrik

a. Arus Listrik

Apabila muatan listrik dalam keadaan bergerak, disebut arus listrik mengalir. Kuat arus didefinisikan sebagai kuantitas muatan melalui penampang penghantar setiap detik.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Dalam satuan SI, kuat arus I diukur dalam satuan ampere, disingkat A.

George Simon Ohm (1789-1854) mengemukakan adanya hubungan antara kuat arus yang mengalir dalam penghantar dengan selisih potensial kedua ujung penghantar itu, yang dinyatakan sebagai :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.6)$$

Dengan R merupakan hambatan penghantar, dalam SI, satuannya diukur dalam ohm, dilambangkan dengan Ω . Satu ohm hambatan sama dengan satu volt per satu ampere (Tobing,1996).

b. Beda Potensial Listrik

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. Diantara keduanya selisih potensial-lah yang membuat muatan bergerak (Tobing,1996). Muatan bergerak dari satu titik ke titik lain melakukan suatu usaha (W_{ab}). Jika W_{ab} adalah usaha yang dikerjakan oleh sebuah partikel bermuatan Q dari titik a ke titik b, maka perbedaan potensial listrik antara titik a dan b, V_{ab} , didefinisikan sebagai

$$V_{ab} = \frac{W}{Q} = V_a - V_b \quad (2.7)$$

dengan V_{ab} adalah beda potensial listrik antara titik a dan titik b (Faissler,1991).

Karena potensial listrik adalah energi potensial elektrostatik per-satuan muatan, satuan SI untuk potensial dan beda potensial adalah joule per coulomb volt (V)

$$1V = 1 J/C \quad (2.8)$$

Karena diukur dalam volt, beda potensial disebut voltage atau tegangan (Tipler,1996).

2.2.4 Metode Pengukuran Daya Listrik

Untuk mengukur arus, tegangan dan nilai tahanan digunakan alat yang dinamakan multimeter, didalam multimeter terdapat tiga jenis meter yang digabungkan menjadi satu, yakni ohmmeter, voltmeter dan amperemeter.

a. Ohmmeter

Ohmmeter adalah alat untuk mengukur tahanan, yang diberi tanda ohm (Ω). Tahanan yang diukur adalah sama dengan angka yang ditunjuk oleh jarum dikalikan batas capai.

b. Voltmeter

Voltmeter adalah alat untuk mengukur tegangan listrik yang dipasang secara paralel pada elemen yang hendak di ukur.

c. Amperemeter

Amperemeter adalah alat untuk mengukur kuat arus listrik suatu rangkaian listrik yang dipasang secara seri pada elemen yang diukur (Daryanto, 2000).

2.3 Elektrokimia

Dalam sel elektrokimia, dapat menghasilkan energi listrik dengan jalan pelepasan elektron pada suatu elektroda (oksidasi) dan penerimaan elektron pada elektroda lainnya (reduksi). Elektroda yang melepaskan elektron dinamakan anoda sedangkan elektroda yang menerima elektron dinamakan katoda. Jadi sebuah sel elektrokimia selalu terdiri dari dua bagian atau dua elektroda, setengah reaksi oksidasi akan berlangsung pada anoda dan setengah reaksi akan berlangsung pada katoda. 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 menunjukkan sebuah sel adalah gaya gerak listrik (GGL) atau perbedaan potensial listrik antara anoda dan katoda (Bird,1987).

2.3.1 Reaksi oksidasi – reduksi

Oksidasi ialah perubahan kimia dimana suatu atom atau kelompok atom melepaskan elektron, dan reduksi ialah perubahan kimia dimana suatu atom atau kelompok atom menerima elektron. Transformasi yang mengubah atom netral menjadi ion positif berlangsung dengan melepaskan elektron yang disebut dengan proses oksidasi. Demikian pula, transformasi unsur netral menjadi anion harus diikuti oleh penambahan elektron yang disebut proses reduksi.

Oksidasi dan reduksi selalu berlangsung serentak, dan jumlah elektron yang dilepaskan pada oksidasi harus sama dengan jumlah elektron yang di dapatkan pada reduksi (Rosenberg,1996).

2.3.2 Elektroda-elektroda

Ada dua jenis elektroda :

a. Anoda

Pada sel galvanik, anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif yang disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan dilepaskan pada fase ini.

b. Katoda

Katoda adalah elektroda-elektroda tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Pada sel galvanik, katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda ini untuk reduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda (Dogra,1990).

2.3.3 Jenis-jenis sel elektrokimia

Sel Elektrokimia terutama digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Dibawah ini jenis-jenis sel elektrokimia

a. Sel Kering Leclance

Wadah seng dan selubung luar berfungsi sebagai anoda. Ditengah-tengah sel ditempatkan katoda karbon inert. Elektrolit yang berupa pasta terdiri dari MnO_2 $ZnCl_2$ NH_4Cl dan *carbon black*. Nilai GGL sel ini adalah kurang lebih 1,5 volt. Sel

lenceance dikenal sebagai sel primer karena tidak dapat diisi kembali atau dengan kata lain reaksinya tidak dapat dibalik.

b. Aki (*Accu*)

Aki merupakan salah satu contoh sel sekunder karena reaksi reduksi yang berlangsung pada sel ini dapat dibalik dengan jalan mengalirkan arus listrik. Aki terdiri dari sebuah elektroda timbal dan sebuah elektroda PbO_2 yang dicelupkan dalam larutan asam sulfat. Kedua elektroda tadi mempunyai permukaan luas dan disusun berdekatan satu dengan yang lain dengan menggunakan rangka yang kaku. Apabila digunakan dalam waktu yang lama, maka kedua elektroda akan dilapisi oleh lapisan $PbSO_4$ dan air yang dihasilkan akan mengencerkan asam sulfat yang terdapat dalam sel. Dengan demikian arus listrik dari luar dengan arah yang berlawanan, reaksi yang terjadi akan merupakan kebalikan dari reaksi. Asam sulfat akan terbentuk kembali dan $PbSO_4$ akan membentuk Pb dan PbO_2 lagi. Jadi dengan mengalirkan arus listrik dari luar dengan arah yang berlawanan, sel akan dapat digunakan lagi.

c. 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 (Bird,1987).

2.4 Sel Galvanik

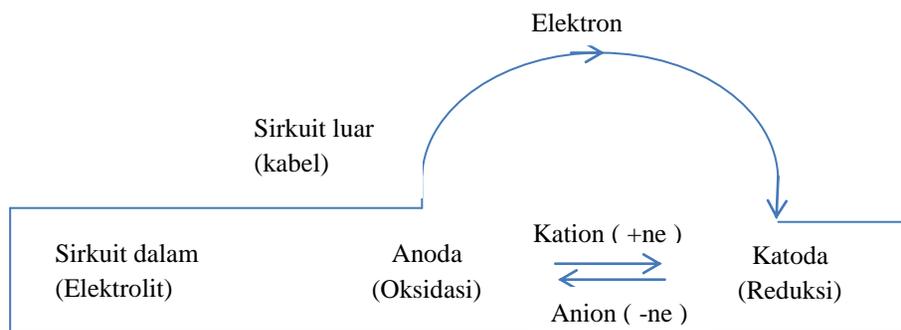
Sel galvanik adalah sel dimana energi bebas dari reaksi kimia diubah menjadi energi listrik, disebut juga sebagai sel elektrokimia (Dogra,1990). Sel galvanik terdiri atas dua elektroda dan elektrolit. Elektroda merupakan penghantar listrik yang terdiri dari anoda dan katoda. Anoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi oksidasi sedangkan katoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi reduksi (Hiskia,1992).

Reaksi oksidasi-reduksi dapat membangkitkan listrik jika bahan pengoksidasi dan pereduksi tidak sama dalam larutan air. Susunan demikian untuk membangkitkan arus listrik. Reaksi oksidasi-reduksi terjadi apabila memiliki syarat sebagai berikut :

- Bahan pengoksidasi dan bahan reduksi tidak berada dalam kontak fisik satu sama lain, tetapi terdapat pada jarak yang terpisah, yang disebut setengah sel. Masing-masing setengah sel berisi larutan dan sebuah penghantar dari logam (elektroda).
- Bahan pereduksi dan bahan pengoksidasi di dalam setengah sel itu mungkin elektroda sendiri atau zat terlarut dalam larutan di mana elektroda itu berada.
- Larutan kedua setengah sel dihubungkan sedemikian rupa sehingga ion-ion dapat bergerak diantara keduanya. Potensial yang terbentuk antara kedua elektroda itu menyebabkan arus listrik mengalir jika kedua elektroda itu dihubungkan satu sama lain dengan suatu rangkaian luar (Rosenberg, 1996).

Sirkuit listrik dalam sel terdiri atas dua bagian, yaitu sirkuit luar (dimana elektron mengalir melalui penghantar logam) dan sirkuit dalam (dimana ion mengangkut muatan listrik melalui elektrolit). Dalam cara kerja sel galvanik sebagai berikut :

- Pada anoda terjadi oksidasi dan elektron bergerak menuju elektroda
- Elektron mengalir melalui sirkuit luar menuju ke katoda
- Elektron berpindah dari katoda ke zat dalam elektrolit, zat yang menerima elektron mengalami reduksi.
- Dalam sirkuit dalam, muatan diangkut oleh kation ke katoda dan oleh anion ke anoda (Hiskia, 1992).



Gambar 2.1 Arah elektron dan ion dalam sel galvanik (Hiskia, 1992)

2.5 Baterai

Baterai adalah suatu alat *electrochemical* yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi kimia kelistrikan. Baterai menyimpan tenaga kimia (bukan elektrik), dan dapat mengadakan reaksi antar bahan-bahan kimia di dalamnya dengan cara sedemikian hingga menimbulkan aliran elektron (Wasito,2001). Baterai berbeda dengan aki, dalam baterai hanya dapat dipakai sekali saja, artinya sesudah baterai itu lemah, harus dibuang dan diganti yang baru. Sedangkan aki yang sudah lemah dapat diisi lagi atau disegarkan kembali. Oleh karena itu baterai disebut sel primer dan aki disebut sel sekunder (Soedjojo, 1998).

2.5.1 Jenis - Jenis Baterai

a. Baterai Primer

Baterai primer digunakan dalam aplikasi kehidupan sehari-hari, seperti televisi, kamera, radio, jam dan sebagainya. Contoh beberapa baterai primer, adalah :

1) Sel Alkaline

Sel alkalin memiliki waktu hidup yang lama dibandingkan dengan sel kering karbon-seng. Selama penyimpanan cairannya tidak bocor karena kalengnya tersegel dan banyak dipakai untuk kemampuan berdaya tinggi.

2) Sel Merkuri

Sel merkuri sering digunakan dalam aplikasi beberapa tegangan karena memiliki tegangan output yang stabil (biasanya 1,5 volt per sel) selama waktu hidupnya. Volume kecil namun kapasitasnya paling besar. Bisa disimpan 1-2 tahun (untuk ukuran kecil) dan 2-3 tahun (untuk ukuran besar).

3) Sel Seng-Klorida

Keutamaan dari sel seng-Klorida adalah kapasitas arus yang tinggi

4) Sel Lithium

Karena waktu hidupnya yang lama, litium sel digunakan pada jam tangan, kamera, kalkulator, komputer dan peralatan sejenisnya. Meskipun mahal, waktu hidupnya yang panjang dan massa energinya membuat baterai ini praktis.

5) Sel Solar

Biasanya digunakan pada kendaraan bermotor. Sel solar memiliki tegangan sekitar 0,25 volt per sel dan tingkat arus yang sangat kecil (Meade,1994).

b. Sel Sekunder

1) Sel Penyimpanan Timbal

Sel penyimpanan timbal umumnya dipakai sebagai baterai mobil yang disebut aki. Memiliki energi potensial 2 volt.

2) Sel nikel-cadmium

Sel ini disebut juga nicad mempunyai cadmium (Cd) sebagai anod dan NiO₂ sebagai katoda dalam larutan alkali basa. Sel ini lebih tahan lama dari sel penyimpanan timbal dan bentuknya mirip dengan sel kering dan mudah dibawa, tetapi potensialnya kecil sekitar 1,2 volt (Syukri,1999).

2.5.1 Karakteristik Baterai

Karakteristik baterai bergantung pada kemampuan sebuah baterai mengeluarkan tegangan tiap satuan unit.

Tabel 2.1 Daftar Tegangan per-sel (Meade,1994)

<i>Primary Cell</i>		<i>Secondary Cell</i>	
Tipe	V	Tipe	V
Karbon-seng	1,5	Lead-Acid	2,2
Alkalin	1,5	Nickel-iron	1,4
Merkuri	1,35	Nickel-Cadmium	1,2
<i>Silver-Oxide</i>	1,5		
Litium	3,0		

2.6 Logam

Logam adalah unsur dengan energi ionisasi dan elektronegativitas yang rendah. Logam sangat mudah kehilangan elektron, akibatnya apabila bereaksi dengan unsur nonlogam akan berbentuk ion positif (kation) dan dalam proses ini ia akan teroksidasi. Sehingga logam berperan sebagai zat pereduksi (Brady,1998).

Potensial suatu elektroda hanya dapat dinyatakan terhadap potensial elektrode pasangannya. Untuk membandingkan besar potensial elektroda dari berbagai-bagai logam perlu dipilih suatu bahan tertentu terhadap mana potensial elektroda setiap logam akan dinyatakan. Untuk ini dipilihlah H₂ selaku elektroda standart. Hasil pengukuran potensial elektroda berbagai logam terhadap H₂ misalnya 0,34 V untuk Cu, -0,76 V untuk Zn, -1,55 V untuk Mg, 1,36 V untuk Au, 0,8 untuk Ag, -0,12 V untuk Pb dan seterusnya. Dari harga-harga tersebut terlihatlah bahwa potensial elektroda Cu terhadap Zn pada baterai adalah $0,34 \text{ V} - (-0,76) = 1,1 \text{ V}$ (Soedoyo,1998).

Apabila elektroda seng dan elektroda tembaga dihubungkan, maka elektron mengalir dari seng ke tembaga. Reaksi yang terjadi adalah

Oksidasi pada elektroda seng.



Reduksi pada elektroda tembaga



Jumlah kedua setengah reaksi di atas adalah



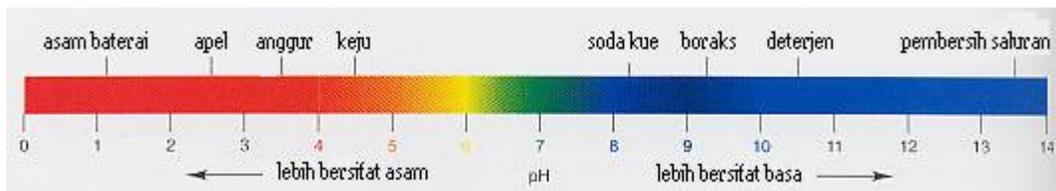
Apabila keduanya dihubungkan dengan alat pengukur voltase dan tidak ada arus yang keluar dari sel maka terdapat perbedaan potensial 1,10 V. Potensial ini disebut Daya Gerak Listrik (DGL). Perbedaan potensial dalam suatu sel merupakan ukuran perbedaan kedua elektroda untuk “mendorong” elektron ke sirkuit luar. Ini adalah “tekanan” listrik dalam menggerakkan elektron dari suatu elektroda ke elektroda lain (Hiskia, 1992).

2.7 Derajat Keasaman (pH)

Asam sebagai suatu senyawa yang apabila dilarutkan dalam air akan membebaskan ion hidrogen (H⁺). Bronsted dan Lowry mendefinisikan asam sebagai senyawa yang dapat memberikan proton pada spesies lain. Lewis mendefinisikan suatu asam sebagai senyawa yang dapat menerima sepasang elektron. Berdasarkan

definisi Lewis tentang asam, jelas bahwa terdapat keasaman antara asam dengan pengoksidasi. Kedua-keduanya cenderung untuk menarik elektron. Dinamakan *elektrofilik* atau *elektron attracting agent*. Asam akan menerima pasangan elektron dari basa membentuk ikatan kovalen, sedangkan pengoksidasi menerima elektron (Bird,1987).

Pada dasarnya skala/tingkat keasaman suatu larutan bergantung pada konsentrasi ion H^+ dalam larutan. Makin besar konsentrasi ion H^+ makin asam larutan tersebut. Umumnya konsentrasi ion H^+ sangat kecil, sehingga untuk menyederhanakan penulisan, seorang kimiawan dari Denmark bernama *Sorrensen* mengusulkan konsep pH untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ . Nilai pH sama dengan negatif logaritma konsentrasi ion H^+ dan secara matematika diungkapkan dengan dengan pH. Selain itu, pH yang merupakan konsentrasi ion hidronium dalam larutan ditunjukkan dengan skala secara matematis dengan nomor 0 sampai 14. Skala pH merupakan suatu cara yang tepat untuk menggambarkan konsentrasi ion-ion hidrogen dalam larutan yang bersifat asam, dan konsentrasi ion-ion hidroksida dalam larutan basa.



Gambar 2.2 Skala pH dari 0 sampai 14(Sugiarto,2004)

Skala ini terbagi menjadi tiga daerah untuk beberapa larutan dengan pH yang berbeda. Bila larutan mempunyai pH tepat sama dengan 7, larutan tersebut dikatakan netral. Bila tidak, mungkin bersifat asam atau basa (Sugiarto,2004).

$$pH = -\log [H^+] \quad (2.9)$$

2.7.1 Hubungan Tingkat Keasaman dengan pH

Nilai pH merupakan eksponen negatif dari konsentrasi ion hidronium. Hal ini dikarenakan asam/basa kuat terionisasi sempurna, maka konsentrasi ion H⁺ setara dengan konsentrasi asamnya. Makin besar konsentrasi ion H⁺ (makin asam larutan) maka makin kecil nilai pH, dan sebaliknya (Sugiarto, 2004)

2.8 Kelistrikan Buah dan Sayuran

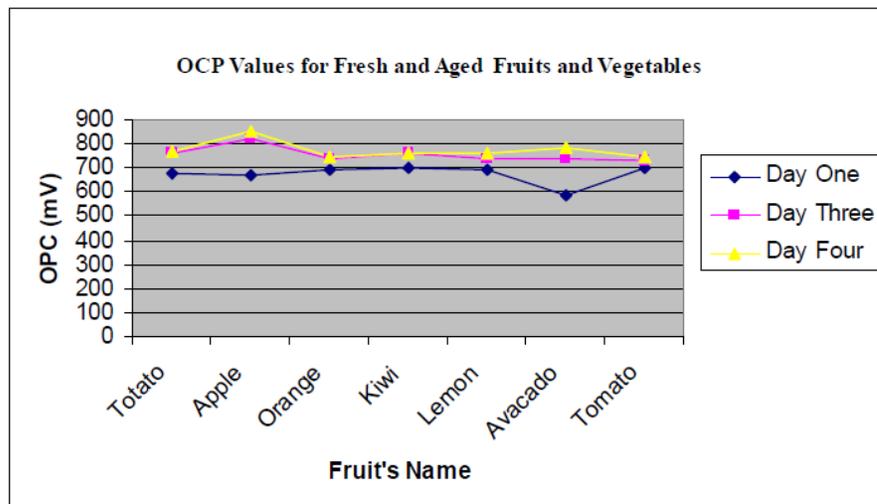
Baterai merupakan sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang disimpan menjadi energi listrik (Jayashanta *et al.*, 2012). Energi listrik dapat dihasilkan dari buah-buahan khususnya buah yang mengandung banyak asam sitrat (Kartawidjaja *et al.*, 2008). Pada dasarnya suatu larutan asam dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan sebagai bio-baterai.

Prinsip bio-baterai hanya melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda yang dipisahkan oleh medium konduktif (elektrolit) yang memberikan kekuatan gerak elektro berupa potensial listrik dan arus. Pada elektroda elektrolit, elektron mengalir dibawa oleh ion-ion dan kemudian mengalami elektrolisis. Elektrolisis berarti perubahan kimia yang diproduksi dengan melewati arus listrik melalui elektrolit. Aliran elektron dari katoda melalui elektrolit ke anoda. Katoda adalah elektroda negatif, seperti lempengan tembaga, dan anoda adalah elektroda positif, seperti lempengan seng. Proses ini menghasilkan listrik dengan cara yang sama sebagai baterai volta. Lindstrom menyatakan bahwa pada buah dan sayuran yang mengandung asam dapat dijadikan larutan elektrolit. Dalam penelitian Lindstrom menghasilkan data tegangan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Tegangan Rata-rata dari berbagai macam Buah (Lindstrom, tanpa tahun)

Namabuah	Tegangan rata-rata (volt)
Anggur	0,93
Jeruk	0,89
Lemon	0,92
Kiwi	0,85
Tomat	0,62

Menurut Amin dan Dey (tanpa tahun), ketika buah dan sayuran mulai membusuk, terjadi proses fermentasi yang menghasilkan asam yang lebih yang meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayuran. Sehingga, jus dari buah dan sayuran yang tua atau busuk menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada jus buah atau sayur yang segar. Dari hasil penelitian yang di dapatkan oleh Amin dan Dey, disajikan dalam grafik dibawah ini :



Gambar 2.3 Lama Umur dibanding tegangan dari Buah dan Sayuran (Amin dan Dey, tanpa tahun)

Dalam penelitian Marience (2006) terdapat hubungan konduktivitas listrik, pH dengan lama hari penyimpanan wortel. Lama waktu penyimpanan yang makin lama cenderung menyebabkan konduktivitas listriknya semakin meningkat, hal ini dapat disebabkan karena sifat larutan yang semakin asam tersebut. Pada suatu larutan apabila konsentrasi ion H^+ meningkat berarti ion OH^- nya menurun, berarti bahwa ion H^+ yang mudah bergerak di dalam larutan tersebut, sehingga larutan bersifat asam dan konduktivitas listriknya meningkat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa konduktivitas cenderung meningkat dengan lama penyimpanan. Hal tersebut

dikarenakan sifat larutan yang semakin asam. Konduktivitas listrik menunjukkan tingkat kemampuan cairan dalam menghantarkan listrik yaitu yang berhubungan dengan pergerakan ion didalam larutan, ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar. Konduktivitas listrik larutan dipengaruhi oleh jumlah ion, mobilitas ion, tingkat oksidasi serta suhu. Pada suatu larutan apabila konsentrasi ion H^+ meningkat berarti ion OH^- nya menurun, berarti bahwa ion H^+ yang mudah bergerak di dalam larutan tersebut, sehingga larutan bersifat asam dan konduktivitas listriknya meningkat. Sebaliknya nilai pH sari wortel semakin menurun jika disimpan semakin lama. Perubahan pH karena lama penyimpanan menyebabkan kerusakan sari wortel yang ditandai dengan rasa sari wortel yang semakin asam dan warnanya menjadi lebih kecoklatan. Perubahan pH ini juga dapat disebabkan oleh adanya mikro organisme. Mikro organisme yang dapat tumbuh pada kisaran pH sampel (pH 3 - 6) antara lain khamir (dapat tumbuh pada pH rendah 2,5 –8,5) dan kapang (mempunyai pH optimum 5– 7, tetapi masih dapat tumbuh pada pH 3 –8,5). Pengaruh penambahan asam sitrat karena lamanya proses penyimpanan pada sari wortel mengakibatkan pH sari wortel semakin menurun.

2.9 Buah dan Sayuran

2.9.1 Jeruk

Jeruk adalah semua tumbuhan berbunga anggota [marga Citrus](#) dari [suku Rutaceae](#) (suku jeruk-jerukan). Anggotanya berbentuk [pohon](#) dengan [buah](#) yang berdaging dengan rasa masam yang segar, meskipun banyak di antara anggotanya yang memiliki rasa manis. Komposisi buah jeruk terdiri dari bermacam - macam, diantaranya air 70-92 % (tergantung kualitas buah), gula, asam organik, asam amino, vitamin, zat warna, mineral dan lain-lain. Rasa masam berasal dari kandungan [asam sitrat](#) yang memang terkandung pada semua anggotanya. Kandungan asam sitrat banyak pada waktu buah masih muda, tetapi setelah buah masak makin berkurang (Pracaya, 2000).

2.9.2 Tomat

Tomat merupakan klasifikasi dari buah maupun sayuran, walaupun struktur tomat adalah struktur buah. Tomat (*Lycopersicum esculentum*) merupakan salah satu produk hortikultura yang berpotensi, menyehatkan dan mempunyai prospek pasar yang cukup menjanjikan. Tomat, baik dalam bentuk segar maupun olahan, memiliki komposisi zat gizi yang cukup lengkap dan baik. Buah tomat terdiri dari 5-10% berat kering tanpa air dan 1 persen kulit dan biji. Jika buah tomat dikeringkan, sekitar 50% dari berat keringnya terdiri dari gula-gula pereduksi (terutama glukosa dan fruktosa), sisanya asam-asam organik, mineral, pigmen, vitamin dan lipid. Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill*) termasuk tanaman setahun (*annual*) yang berarti umurnya hanya untuk satu kali periode panen. Tanaman ini berbentuk perdu atau semak dengan panjang bisa mencapai 2 meter (Wiryanta,2002).

2.9.3 Wortel

a. Asal Usul dan Penyebarannya

Asal usul wortel tidak begitu jelaskarena hampir terdapat di seluruh duniasecara merata. Di Eropa dan Amerikapenanaman wortel dilakukan bersama-samadengan radish, sedangkan di Indonesiapenanaman wortel umumnya bersama-sama jagung, ubi, bawang bakung, lobak dan kentang.

b. Komposisi dan kegunaan

Wortel segar dapat diolah lebih lanjutdengan jalan dikalengkan, dikeringkan dandan diawetkan untuk makanan bayi. Selainitu wortel dapat dibuat menjadi sari wortelyang dibotolkan.Kandungan utama wortel adalah airsebanyak 88,2 persen. Wortel segar banyakmengandung gizi antara lain karoten, protein, vitamin dan mineral-mineral. Komposisi kimia wortel menurut Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1979) dapat dilihat dalam tabel 2.3 dibawah.

Tabel 2.3 Komposisi Wortel tiap 100 gram Bahan yang dapat dimakan (DepkesRI.1979)

Komposisi	Satuan	Jumlah
Protein	g	1,20
Lemak	g	0,30
Hidrat Arang	mg	9,30
Ca (kalsium)	mg	39,00
P(Pospor)	mg	37,00
Fe (Besi)	mg	0,80
Vitamin A	SI	12.000,00
Vitamin B	mg	0,06
Vitamin C	mg	6,00
Air	g	88,20

2.9.4 Pisang

Jenis pisang yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan daya serap pasar luas adalah dari jenis pisang buah dengan nama latin *Musa paradisiaca.L.* Yang termasuk jenis ini antara lain adalah pisang ambon, pisang susu, pisang raja, pisang cavendish, pisang barangan dan pisang mas (Santoso, 1995).

a. Asal Usul dan Penyebarannya

Pisang adalah tanaman buah berupa herba yang berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Tanaman ini menyebar ke Afrika (Madagaskar), Amerika Selatan dan Tengah (Sunarjono, 1998).

b. Komposisi dan Kegunaan

Buah pisang sebagai produk utama dari pisang mempunyai aneka kegunaan. Selain sebagai buah segar, buah pisang dapat pula dimanfaatkan untuk aneka makanan olahan, seperti tepung pisang, sari buah pisang, sale pisang, roti pisang, pisang rebus, pisang goreng, kolak pisang. Selain itu buah pisang yang belum matang dapat dibuat keripik dan tepung yang mahal harganya (Sunarjono, 1998).

Tabel 2.4 Komposisi Zat Gizi Pisang Tiap 100 gram Bahan (Rismunandar, 1986)

Senyawa	Satuan	Komposisi
Kalium	mg	373
Magnesium	mg	31
Kuningan	mg	0,2
Phospor	mg	28
Chlor	mg	125
Air	k	75,00
Energi	g	88,00
Karbohidrat	g	23,00
Protein	g	1,20
Ca	mg	8,00
Fe	mg	0,60
P	mg	28,00
Vitamin A	IU	335
Vitamin B	mg	53
Vitamin C	mg	87

2.9.5 Cabai

Tanaman cabai merupakan tanaman perdu dari family terung-terungan. Cabai besar (*Capsicum annum*) atau lombok besar memiliki banyak varietas, salah satunya cabai merah (*C. Annuum var.longum*). Beberapa ciri umum cabai merah adalah batangnya tegak dengan ketinggian 50-90 cm, tangkai daunnya gorizontal atau miring dengan panjang sekitar 1,5-4,5 cm, posisi bunganya menggantung dengan warna mahkota putih, buahnya berbentuk panjang atau kebulatan dengan biji buahnya berwarna kuning kecoklatan (Setiadi, 2001).

Tabel 2.5 Kandungan Zat Gizi Buah Cabai (DepkesRI.1989)

Komposisi	Satuan	Jumlah
Protein	g	15,9
Karbohidrat	mg	61,8
Ca (kalsium)	mg	160
Kalori	kal	311
Fe (Besi)	mg	2,3
Vitamin A	SI	576
Vitamin B	mg	0,04
Vitamin C	mg	50
Air	g	10

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di ruang laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Jember dari bulan Desember 2012 sampai selesai. Observasi telah dilakukan pada bulan Oktober 2012.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Blender listrik, sebagai alat untuk menghaluskan buah dan sayuran
2. Timbangan, sebagai alat untuk menimbang
3. Kabel dan penjepit buaya, untuk menghubungkan antara rangkaian bio-baterai, beban, voltmeter dan amperemeter.
4. Voltmeter dan amperemeter, sebagai alat pengukur tegangan dan arus bio-baterai
5. pH meter, sebagai alat pengukur pH buah dan sayuran
6. Gelas ukur, sebagai alat pengukur volume dari larutan
7. Bejana plastik, sebagai wadah larutan buah dan sayuran

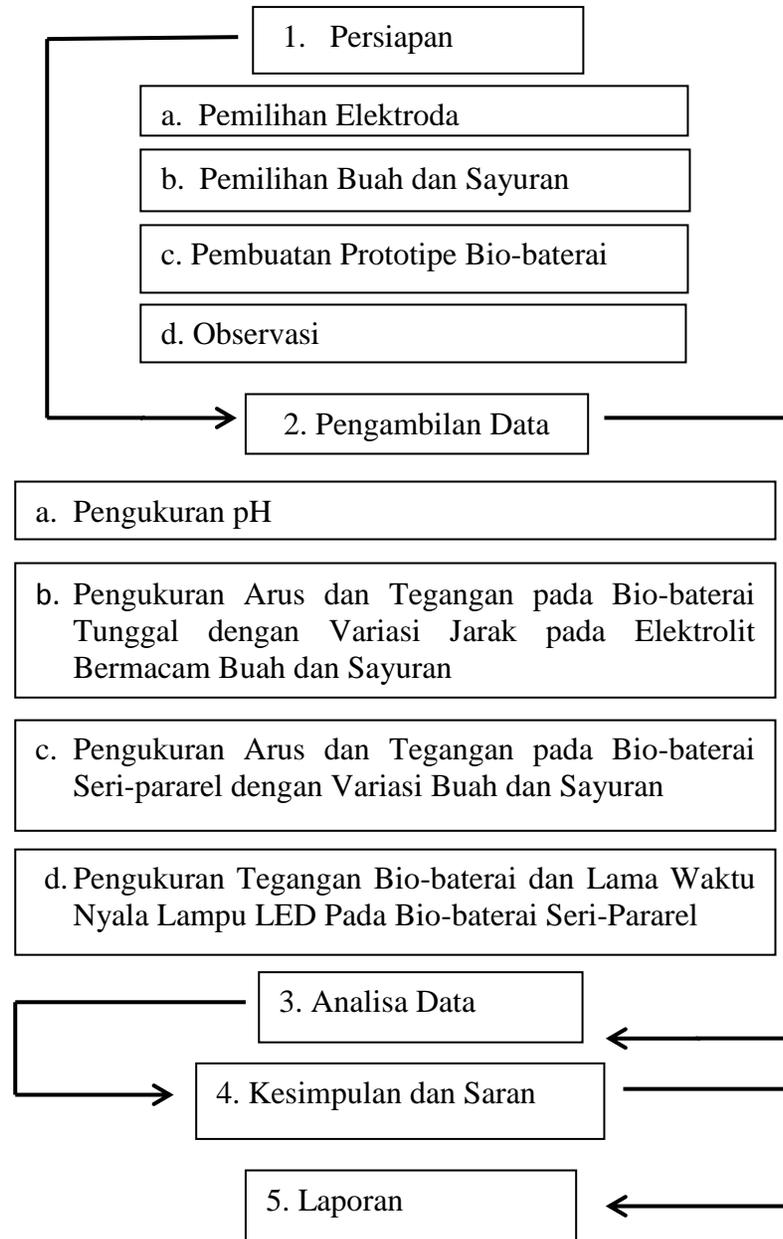
3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Seng (Zn) dan tembaga (Cu) 6 pasang, sebagai elektroda
2. *Variabel resistor* yang tersusun dari beberapa *rotary switch* yang dirangkai dengan beberapa resistor 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω dan 1 M Ω didalamnya
3. Sebuah diode jenis LED *bright light*, sebagai beban nyata bio-baterai.

4. Limbah Buah dan sayuran : Jeruk, tomat, pisang, wortel, cabai.

3.3 Tahap Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Tahapan Penelitian

3.3.1 Persiapan

a. Pemilihan Elektroda

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan luas permukaan yang tercelup 4x4 cm.

b. Pemilihan Buah dan Sayuran

Buah dan sayuran yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah dari buah dan sayuran yang banyak terdapat di pasar atau limbah rumah-tangga, yaitu jeruk, pisang, tomat, cabai dan wortel dengan tingkat kematangan yang dianggap rata-rata sama.

c. Pembuatan Prototipe Bio-baterai

Prototipe bio-baterai dibuat dari dua macam wadah plastik dengan ukuran yang berbeda. Wadah bio-baterai pertama, wadah plastik berukuran (16x8x4) cm dengan kapasitas volume 900 ml. Pada tutup wadah, diberi 10 lubang untuk menyisipkan elektroda dengan masing-masing jarak antara lubang 2cm. Jarak antara lubang digunakan untuk pengukuran arus dan tegangan dengan variasi jarak antar elektroda 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm pada berbagai macam variasi elektrolit dari limbah buah dan sayuran.



Gambar 3.2 Wadah prototipe bio-baterai I

Pada wadah bio-baterai kedua, wadah plastik berukuran (10x7x4) cm dengan kapasitas volume 250 ml. Pada tutup wadah, diberi lubang untuk menyisipkan elektroda dengan jarak antara lubang 2 cm. Wadah bio-baterai yang kedua ini, dibutuhkan sebanyak enam buah. Ketiga wadah digabung menjadi satu, seperti yang terlihat pada gambar 3.3. Rangkaian wadah bio-baterai kedua ini digunakan pada pengukuran arus dan tegangan secara seri dan paralel dengan variasi bahan elektrolit dan pengukuran daya dan lama waktu nyala LED secara seri dan paralel.



Gambar 3.3 Wadah prototipe bio-baterai II

d. Observasi

Adapun observasi dilakukan sebagai langkah awal untuk mengetahui karakteristik awal bio-baterai sebelum melakukan percobaan sesungguhnya. Di dalam observasi, dilakukan beberapa tahapan. Pertama dengan mengukur nilai pH dari buah dan sayuran yang digunakan. Semakin kecil pH yang didapat, semakin besar nilai tegangan yang didapat. Kedua, untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap nilai tegangan yang terdapat dalam limbah buah dan sayuran, maka dimasukan terlebih dahulu larutan buah dan sayuran tersebut ke dalam *freezer* hingga suhu 0°C , setelah itu dikeluarkan dan dihitung menggunakan multimeter nilai tegangan yang didapat. Dari observasi yang sudah dilakukan didapat hubungan antara suhu dengan tegangan adalah berbanding lurus, artinya semakin besar suhu, semakin besar tegangan yang didapat. Ketiga, pengukuran

arus dan tegangan pada rangkaian bio-baterai yang disusun secara seri dan paralel menghasilkan nilai tegangan dan arus yang berbeda-beda. Dari hasil observasi menghasilkan nilai arus yang lebih besar jika baterai disusun paralel, dan nilai tegangan yang semakin besar apabila baterai disusun seri.

3.3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data diambil dari berbagai limbah buah dan sayuran yang akan dijadikan larutan elektrolit, yakni jeruk, tomat, pisang, cabai dan wortel. Limbah buah dan sayuran tersebut diambil masing-masing 1 kg dan dicuci hingga bersih, ditiriskan sampai air dipermukaan buah dan sayuran tersebut hilang. Setelah itu diblender sampai halus masing-masing buah-sayuran tersebut dan diletakkan pada wadah prototipe bio-baterai yang sudah disediakan.

a. Pengukuran pH

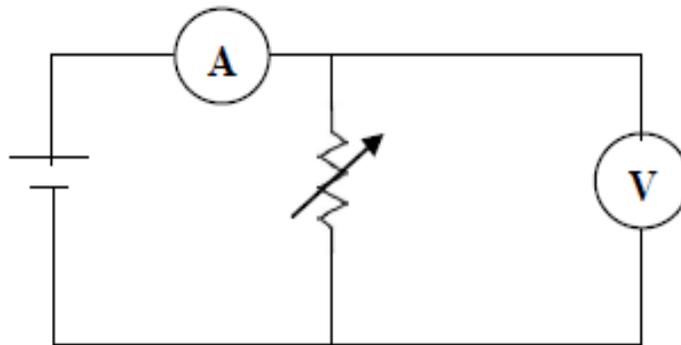
Pengukuran pH dilakukan dengan cara mencelupkan pH meter ke setiap larutan buah dan sayuran yang sudah ditentukan. Pada pH meter akan muncul nilai pH limbah buah dan sayuran yang sudah ditentukan tersebut, yang selanjutnya dari data pH yang didapat tersebut akan dibandingkan dengan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan pada penelitian selanjutnya. Sehingga akan didapatkan kesimpulan hubungan antara pH dengan kuat arus dan tegangan.

b. Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Bio-baterai Tunggal dengan Variasi Jarak pada Elektrolit Berbagai Buah dan Sayuran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak elektroda yang tepat pada rangkaian dan mengetahui buah dan sayuran mana yang mempunyai nilai arus dan tegangan yang lebih besar, sehingga dapat membuat suatu bio-baterai dengan energi listrik yang optimal.

Elektroda yang digunakan adalah lempeng tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang dihubungkan pada *rotary-switch* yang berisi beberapa resistor dengan masing-masing nilai resistor 1k Ω , 10k Ω , 100 k Ω dan 1M Ω dan dihubungkan dengan

voltmeter dan amperemeter dengan menggunakan kabel. Kedua elektroda tersebut dimasukkan ke dalam wadah bio-prototipe pertama yang berisi larutan elektrolit buah dan sayuran yang telah disiapkan sebelumnya. Jarak antara elektroda yang di ukur masing-masing : 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm. Arus dan tegangan yang muncul pada multimeter dicatat disetiap nilai resistor yang berbeda pada jarak elektroda 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm. Selanjutnya pengukuran diulang dengan menggunakan elektrolit yang berbeda dari limbah buah dan sayuran jeruk, pisang, tomat, cabai dan wortel.



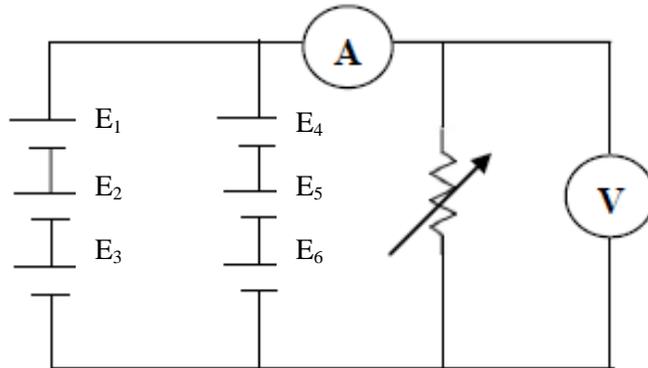
Gambar 3.4 Rangkaian Bio-baterai Tunggal

c. Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Bio-baterai Seri dan Pararel dengan Variasi Buah dan Sayuran

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui buah dan sayuran mana yang mempunyai nilai arus dan tegangan yang lebih besar, sehingga dapat membuat suatu bio-baterai dengan energi listrik yang optimal.

Pada pengukuran arus dan tegangan bio-baterai ini menggunakan enam buah wadah bio-baterai, yang masing-masing wadah berisi elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan jarak antara elektroda pada setiap wadah adalah 2 cm (jarak optimal) dan setiap wadah di isi larutan elektrolit limbah buah dan sayuran yang sudah ditentukan. Ke-enam wadah tersebut disusun secara seri-pararel dan dihubungkan dengan *rotary-switch* yang berisi beberapa resistor dengan nilai 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω dan 1 M Ω dan dihubungkan dengan voltmeter dan

amperemeter dengan menggunakan kabel. Arus dan tegangan yang muncul pada multimeter dicatat disetiap nilai resistor yang berbeda. Selanjutnya pengukuran diulang dengan menggunakan elektrolit yang berbeda dari limbah buah dan sayuran jeruk, pisang, tomat, cabai dan wortel

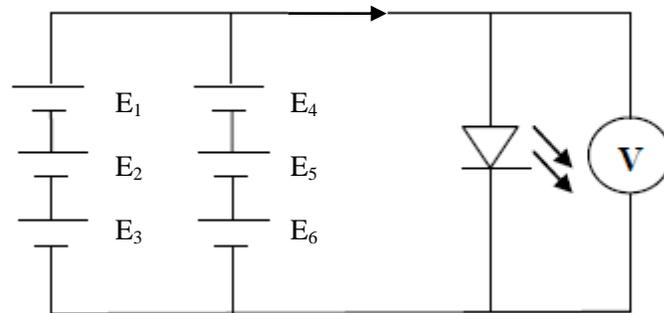


Gambar 3.5 Rangkaian seri-pararel bio-baterai buah dan sayuran

d. Pengukuran Tegangan Bio-baterai dan Lama Waktu Nyala Lampu LED Pada Bio-baterai Seri-Pararel

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai berbagai limbah buah dan sayuran dengan lama waktu peyinaran pada lampu LED, sehingga dapat membuat suatu bio-baterai dengan energi listrik yang optimal.

Pada pengukuran arus dan tegangan bio-baterai ini menggunakan enam buah wadah bio-baterai, yang masing-masing wadah berisi elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan jarak antara elektroda pada setiap wadah adalah 2 cm (jarak optimal) dan setiap wadah di isi larutan elektrolit limbah buah dan sayuran yang sudah ditentukan. Ke-enam wadah tersebut disusun secara seri-pararel dan dihubungkan dengan lampu LED dengan menggunakan kabel, seperti terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian seri-pararel bio-baterai buah dan sayuran menggunakan lampu LED

Tegangan diukur setiap satu jam sekali pada lima jam pertama, selanjutnya tegangan diukur lima jam sekali hingga lampu LED mati. Pengukuran diulang dengan menggunakan elektrolit yang berbeda dari limbah buah dan sayuran jeruk, pisang, tomat, cabai dan wortel

3.3.3 Analisa Data

Dalam Penelitian “Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai” akan dihasilkan beberapa data, antara lain pH, arus, tegangan dan lama waktu nyala LED yang ditabelkan dan dibuat grafik dengan menggunakan Microsoft Excel 2010. Hasil pengolahan data yang didapat kemudian dibandingkan dengan teori dan hasil- hasil penelitian lain.

3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran dari hasil penelitian sehingga bermanfaat untuk masyarakat dalam memanfaatkan limbah berbagai macam buah dan sayuran untuk sumber energi listrik berupa bio-baterai.

3.3.5 Laporan

Hasil pengolahan data dituangkan dalam karya tulis ilmiah (skripsi) dan dipublikasikan dalam pertemuan ilmiah.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Data Penelitian

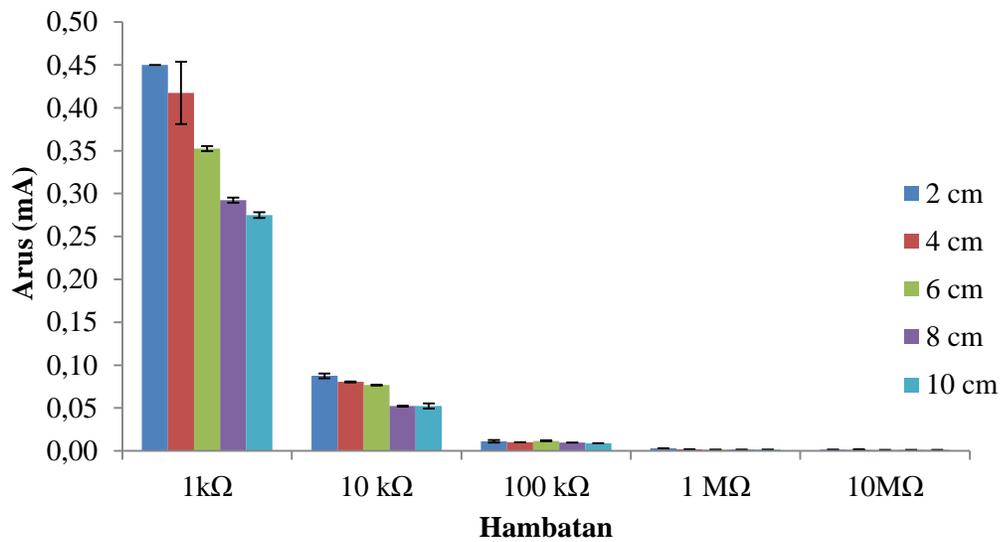
Penelitian “Analisis Kelistrikan yang dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Bio-baterai” ini mencakup pengaruh jarak antar elektroda terhadap nilai arus dan tegangan yang dihasilkan pada bio-baterai, nilai kuat arus dan tegangan pada bio-baterai seri-paralel dengan berbagai nilai hambatan, lama penyalaan LED yang dihasilkan oleh berbagai bio-baterai limbah buah dan sayuran, serta hubungan nilai pH terhadap nilai tegangan. Berikut ini merupakan hasil pengukuran dari bio-baterai.

4.1.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Arus dan Tegangan Bio-baterai Tunggal dengan Variasi Jarak Elektroda pada Elektrolit Bermacam Limbah Buah dan Sayuran

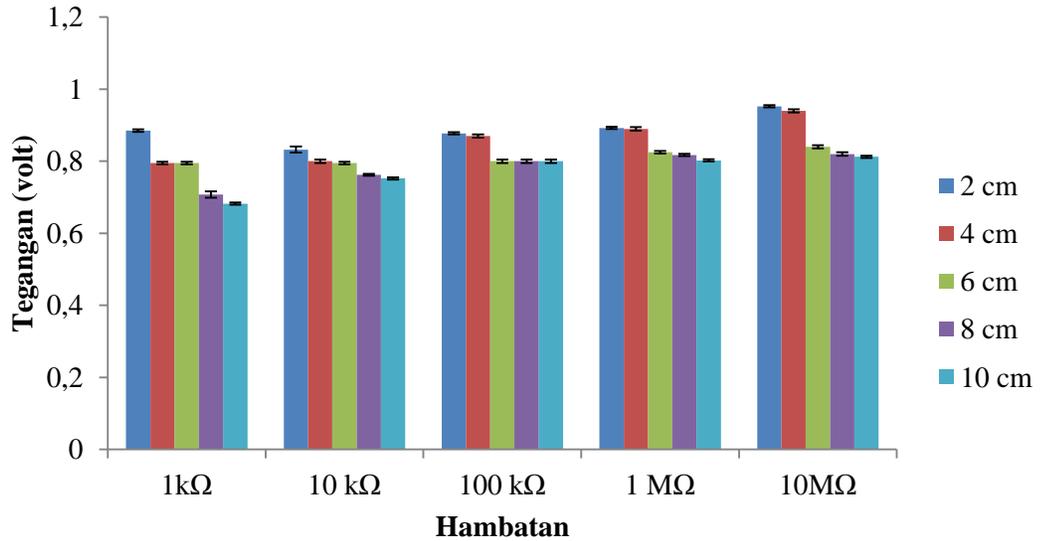
Hasil pengukuran arus dan tegangan dengan empat kali pengulangan untuk bio-baterai limbah buah dan sayuran ditampilkan pada tabel di lampiran. Pada tabel-tabel tersebut dapat dilihat nilai arus, tegangan, standar deviasi dan standar *error* dengan beberapa nilai resistor dan jarak antar elektroda oleh masing-masing limbah buah dan sayuran yang digunakan sebagai bio-baterai.

a. Jeruk

Hasil pengukuran arus dan tegangan bio-baterai tunggal dengan variasi jarak elektroda pada bio-baterai tunggal limbah buah jeruk disajikan pada grafik dibawah. Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada limbah jeruk ditunjukkan pada gambar 4.1. Terlihat pada grafik bahwa nilai kuat arus terbesar dimiliki oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda terdekat (2 cm) dengan hambatan 1 k Ω nilai kuat arus 0,45 mA, semakin besar nilai hambatan yang diberikan maka semakin kecil kuat arus yang dihasilkan.



Gambar 4.1 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah jeruk



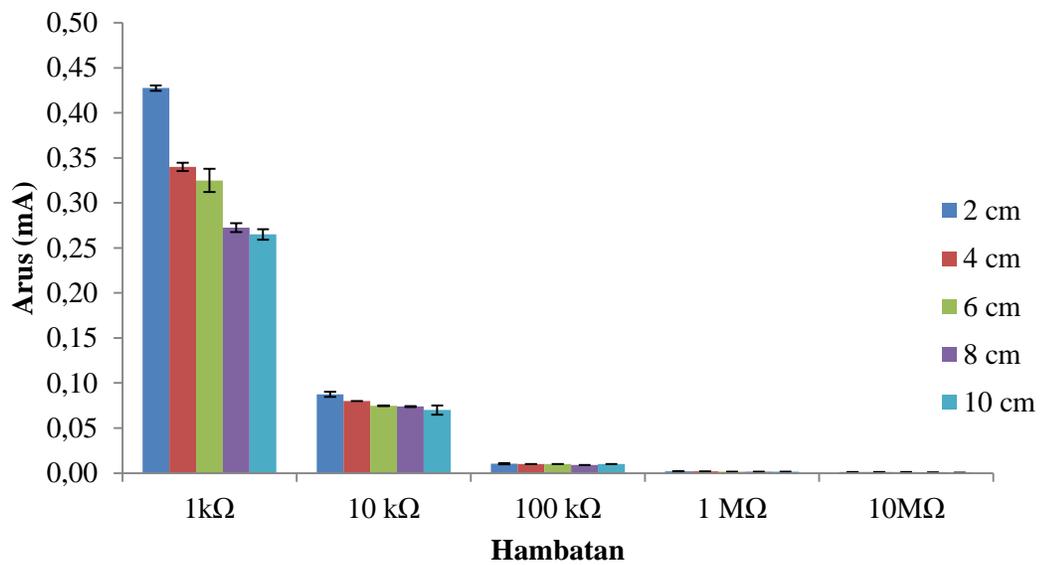
Gambar 4.2 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah jeruk

Jarak antar elektroda terdekat memiliki nilai kuat arus paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih jauh, sehingga berlaku juga semakin jauh jarak antar elektroda maka kuat arus yang dihasilkan semakin kecil. Nilai kuat arus masing-masing pada bio-baterai jarak antar elektroda 2 cm pada hambatan 1 k Ω -1 M Ω berkisar (0,4520-0,00148) mA, bio-baterai jarak antar elektroda 4 cm berkisar (0,4180-0,00138) mA, bio-baterai jarak antar elektroda 6 cm (0,3530-0,00128) mA, jarak antar elektroda 8 cm berkisar (0,2930-0,0011) mA dan pada jarak antar elektroda 10 cm berkisar (0,2750-0,0011) mA.

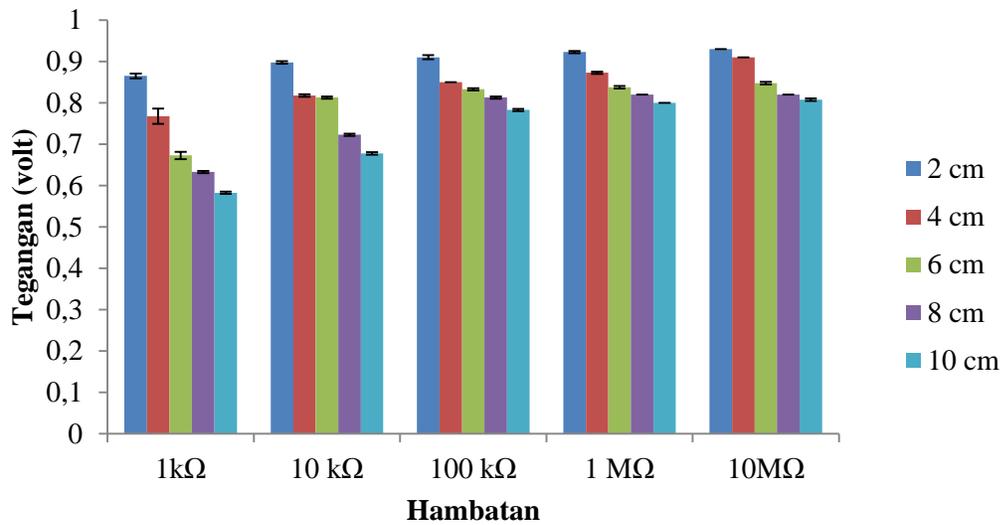
Gambar 4.2 menunjukkan hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah jeruk, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terbesar 10 M Ω memiliki nilai tegangan paling besar. Semakin jauh jarak antar elektroda semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan. Nilai tegangan yang dihasilkan bio-baterai dengan nilai hambatan 1k Ω – 10M Ω pada jarak antar elektoda 2 cm berkisar antara (0,885-0,925) volt, nilai tegangan pada jarak 4 cm berkisar antara (0,795-0,94) volt, nilai tegangan pada jarak 6 cm berkisar (0,795-0,84) volt, nilai tegangan pada jarak 8 cm berkisar (0,7075-0,82) volt dan pada jarak 10 cm tegangan yang dihasilkan berkisar (0,6825-0,8125) volt. Untuk mencari tegangan, nilai hambatan resistor yang diberikan juga berpengaruh, dimana semakin besar nilai hambatannya maka tegangan yang dihasilkan semakin besar, terlihat pada grafik bahwa pada hambatan 1 k Ω nilai tegangan kecil, pada hambatan 1 M Ω tegangan yang dihasilkan besar.

b. Tomat

Hasil pengukuran arus dan tegangan bio-baterai tunggal dengan variasi jarak elektroda pada elektrolit limbah tomat disajikan pada grafik dibawah



Gambar 4.3 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah tomat



Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah tomat

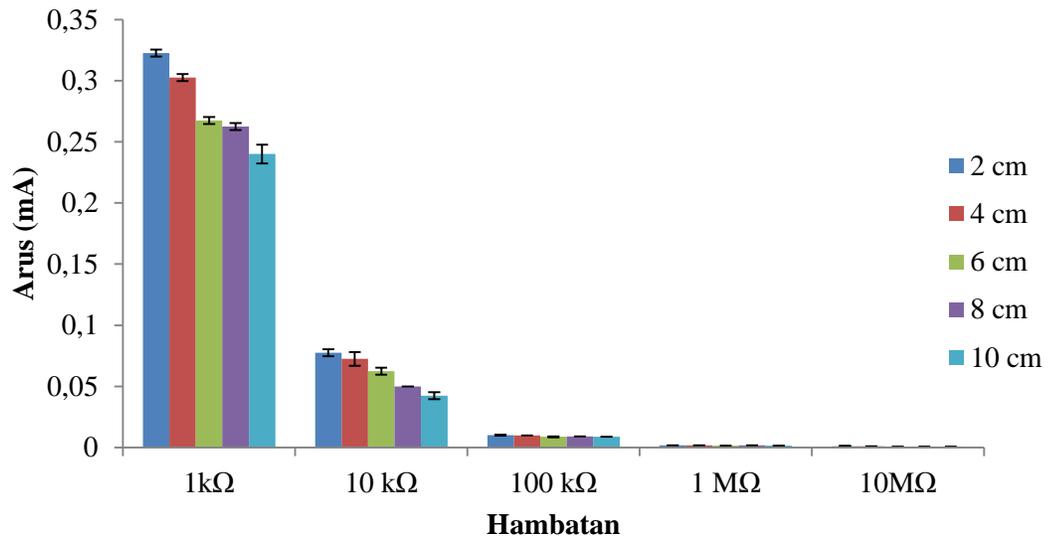
Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah tomat ditunjukkan pada gambar 4.3, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terkecil 1 k Ω memiliki nilai kuat arus terbesar senilai 0,428 mA, semakin besar nilai hambatan semakin kecil kuat arus. Jarak antar elektroda terdekat memiliki nilai kuat arus paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih jauh. Nilai kuat arus yang dihasilkan pada masing-masing jarak antar elektroda yakni pada jarak antar elektroda 2 cm kuat arus (0,428-0,0012) mA, pada jarak antar elektroda 4 cm nilai kuat arus berkisar (0,340-0,0011) mA, pada jarak antar elektroda 6 cm nilai kuat arus berkisar (0,325-0,0011) mA, pada jarak 8 cm nilai kuat arus berkisar (0,2273-0,0008) mA dan pada jarak antar elektroda 10 cm nilai kuat arus berkisar (0,27-0,0006) mA.

Gambar 4.4 menunjukkan hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda yang diberikan, pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terbesar 10 M Ω memiliki nilai tegangan paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih besar. Semakin jauh jarak antar elektroda, semakin kecil nilai tegangan. Nilai Tegangan pada jarak antar elektroda 2 cm berkisar antar (0,865-0,93) volt, jarak antar elektroda 4 cm nilai tegangan berkisar (0,7675-0,9) volt, jarak antar elektroda 6 cm nilai tegangan berkisar (0,675-0,8375) volt, jarak antar elektroda 8 cm nilai tegangan berkisar (0,6325-0,82) volt dan pada jarak antar elektroda 10 cm nilai tegangan berkisar (0,5825-0,8075) volt.

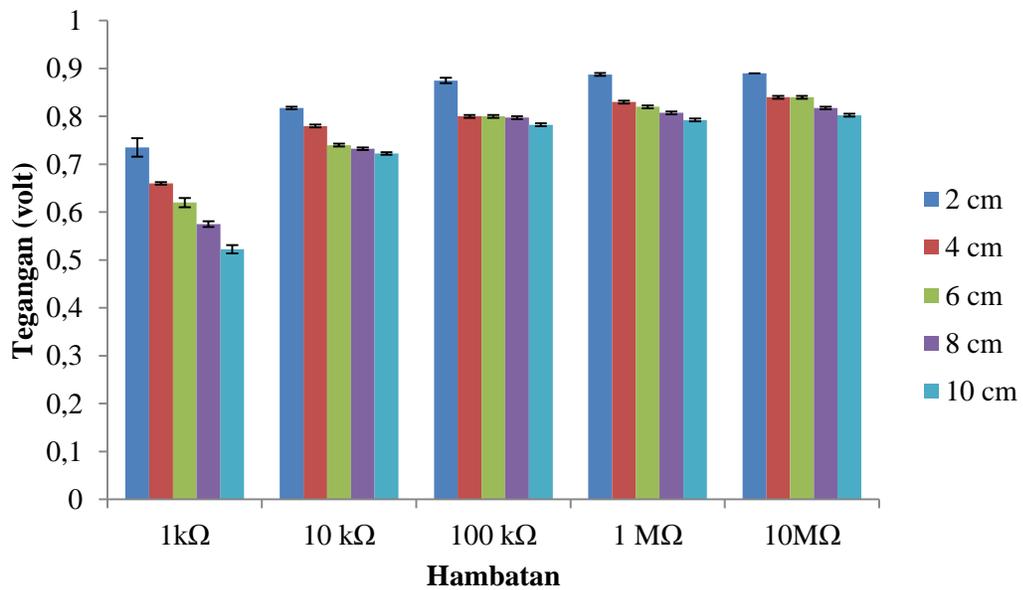
c. Cabai

Hasil pengukuran arus dan tegangan bio-baterai tunggal dengan variasi jarak elektroda pada elektrolit limbah buah cabai disajikan pada grafik dibawah. Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah tomat ditunjukkan pada gambar 4.5, terlihat pada jarak antar

elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terkecil 1 k Ω memiliki nilai kuat arus terbesar yaitu 0,323 mA.



Gambar 4.5 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah cabai



Gambar 4.6 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah cabai

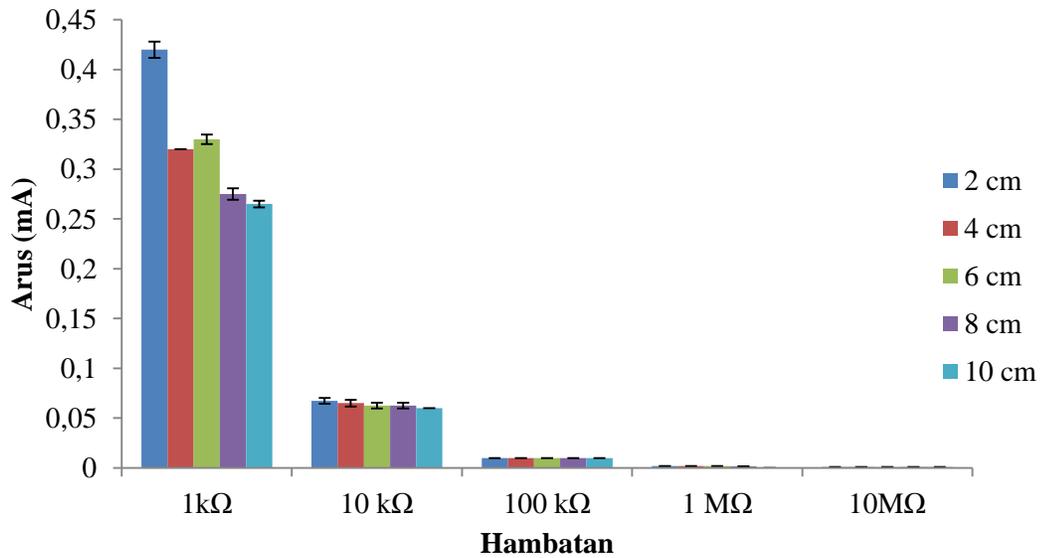
Jarak antar elektroda berpengaruh terhadap kuat arus yang dihasilkan. Jarak antar elektroda terdekat memiliki nilai kuat arus paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih jauh. Nilai kuat arus yang dihasilkan pada masing-masing jarak antar elektroda yakni pada jarak antar elektroda 2 cm memiliki kuat arus yang berkisar (0,323-0,0012) mA, pada jarak antar elektroda 4 cm nilai kuat arus berkisar (0,3- 0,001) mA, pada jarak antar elektroda 6 cm nilai kuat arus berkisar (0,268- 0,0009) mA, pada jarak 8 cm nilai kuat arus berkisar (0,263 - 0,0009) mA dan pada jarak antar elektroda 10 cm nilai kuat arus (0,242-0,0009) mA.

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah cabai, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terbesar 10 M Ω memiliki nilai tegangan paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih besar. Nilai Tegangan pada hambatan 1 k Ω -10M Ω pada jarak antar elektroda 2 cm berkisar antar (0,80-0,89) volt, jarak antar elektroda 4 cm (0,6625-0,87) volt, jarak antar elektroda 6 cm (0,6025-0,8325) volt, jarak antar elektroda 8 cm (0,575-0,8125) volt dan pada jarak antar elektroda 10 cm berkisar (0,53-0,8025) volt.

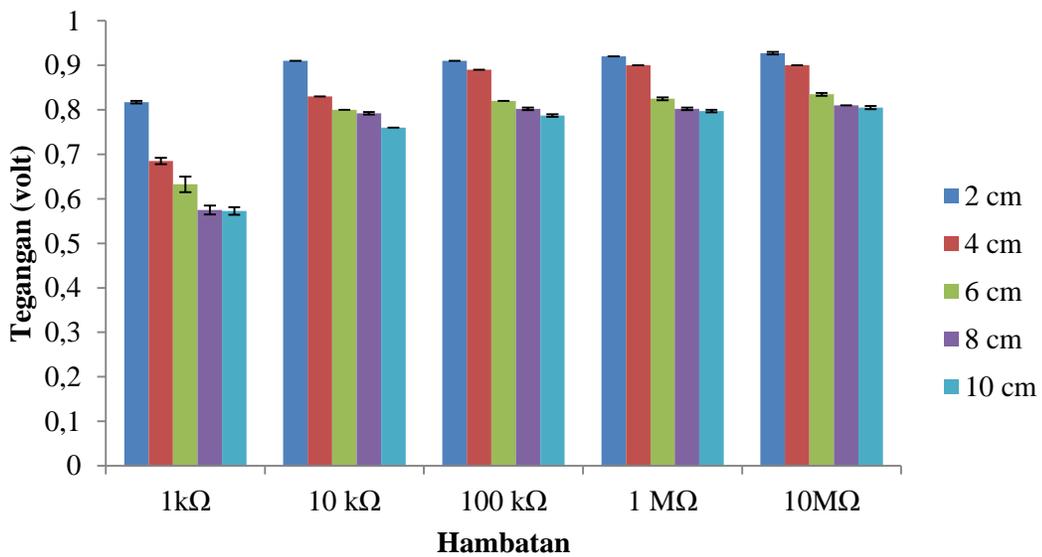
d. Wortel

Hasil pengukuran arus dan tegangan bio-baterai tunggal dengan variasi jarak elektroda pada elektrolit limbah wortel disajikan pada grafik dibawah. Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah wortel ditunjukkan pada gambar 4.7, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terkecil 1 k Ω memiliki nilai kuat arus terbesar senilai 0,42 mA, semakin besar nilai hambatan semakin kecil kuat arus. Jarak antar elektroda terdekat memiliki nilai kuat arus paling besar dibanding

dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih jauh.



Gambar 4.7 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah wortel



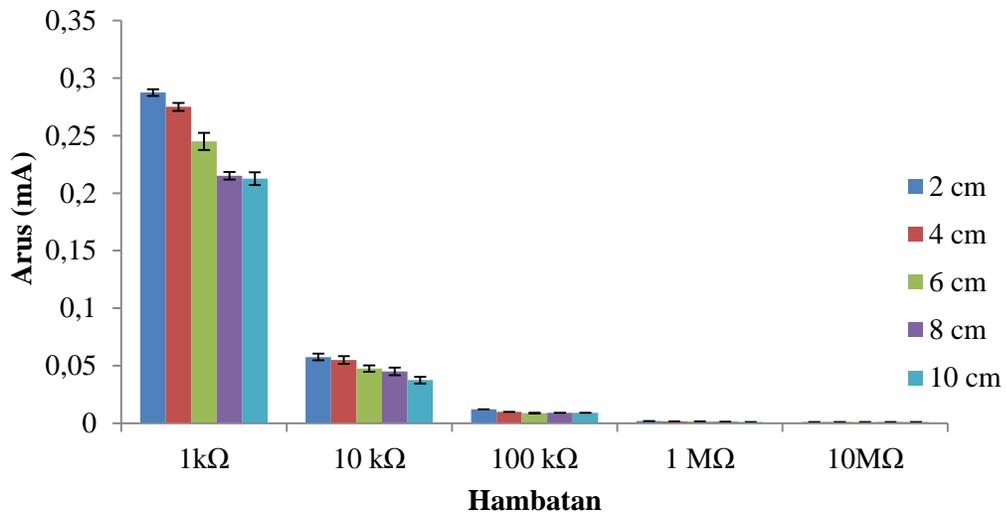
Gambar 4.8 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah wortel

Nilai kuat arus yang dihasilkan pada masing-masing jarak antar elektroda dengan hambatan $1\text{ k}\Omega$ - $10\text{ M}\Omega$ yakni pada jarak antar elektroda 2 cm kuat arus berkisar (0,42-0,001) mA, pada jarak antar elektroda 4 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,328- 0,0011) mA, pada jarak antar elektroda 6 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,33- 0,001) mA, pada jarak 8 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,275 -0,0009) mA dan pada jarak antar elektroda 10 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,65-0,0009) mA.

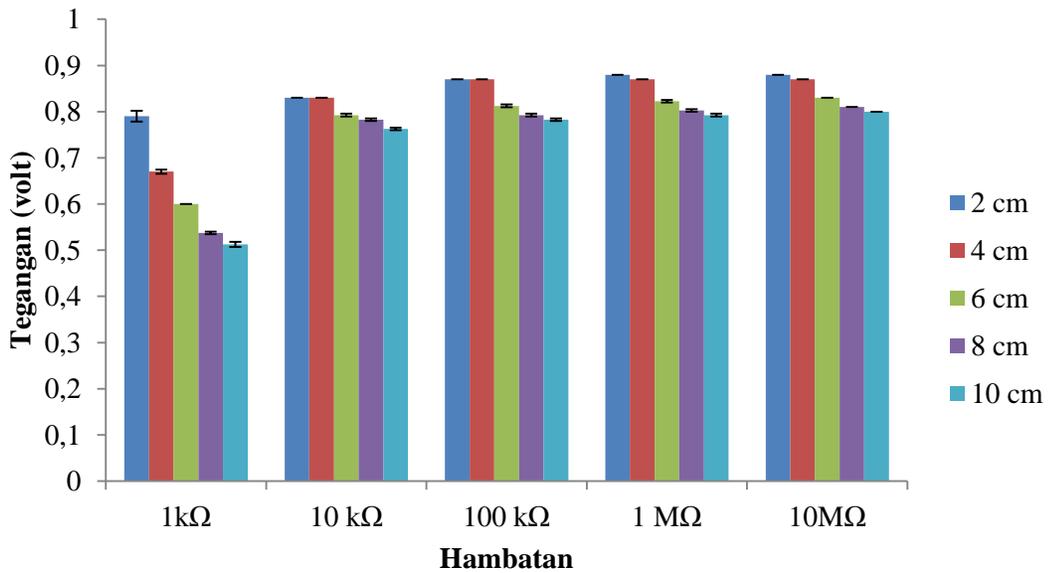
Grafik 4.8 menunjukkan hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai limbah wortel, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ memiliki nilai tegangan paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih besar. Nilai Tegangan pada hambatan $1\text{ k}\Omega$ - $10\text{ M}\Omega$ pada jarak antar elektroda 2 cm berkisar antar (0,8175-0,9275) volt, jarak antar elektroda 4 cm nilai tegangan berkisar (0,685-0,9) volt, jarak antar elektroda 6 cm nilai tegangan berkisar (0,6325-0,835) volt, jarak antar elektroda nilai tegangan berkisar 8 cm (0,575-0,825) volt dan pada jarak antar elektroda 10 cm nilai tegangan yang dihasilkan berkisar berkisar (0,5725-0,81) volt.

e. Pisang

Hasil pengukuran arus dan tegangan bio-baterai tunggal dengan variasi jarak elektroda pada elektrolit limbah buah pisang disajikan pada grafik dibawah. Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah pisang ditunjukkan pada gambar 4.9, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terkecil $1\text{ k}\Omega$ memiliki nilai kuat arus paling besar yaitu 0,288 mA. Jarak antar elektroda terdekat memiliki nilai kuat arus paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih jauh.



Gambar 4.9 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah pisang



Gambar 4.10 Grafik hubungan tegangan dan hambatan dengan berbagai jarak antar elektroda pada bio-baterai tunggal limbah pisang

Nilai kuat arus yang dihasilkan pada bio-baterai tunggal limbah wortel dengan nilai hambatan 1 kΩ-10 MΩ yakni pada jarak antar elektroda 2 cm kuat arus yang

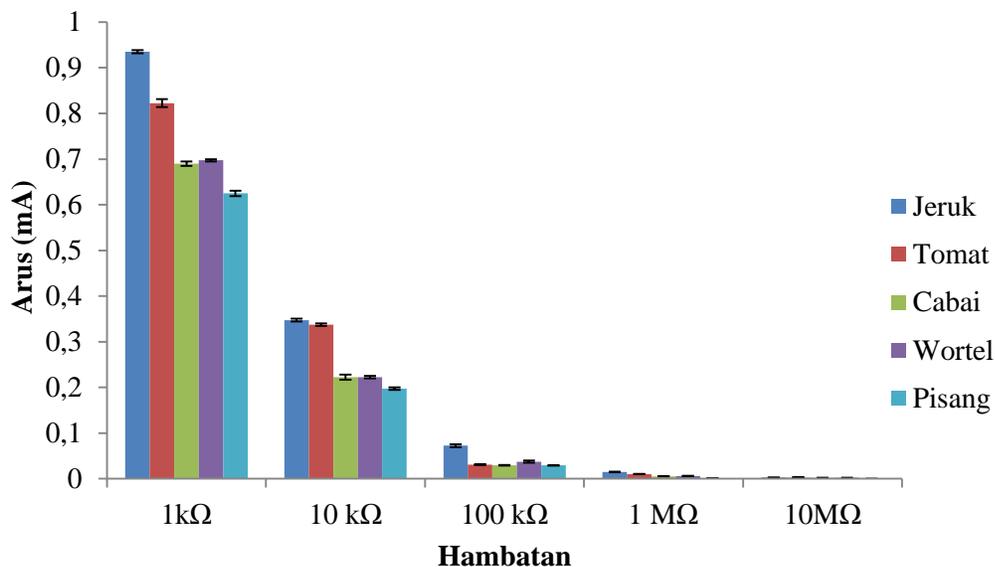
dihasilkan berkisar (0,288-0,001) mA, pada jarak antar elektroda 4 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,275- 0,001) mA, pada jarak antar elektroda 6 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,245- 0,0009) mA, pada jarak 8 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,215-0,0009) mA dan pada jarak antar elektroda 10 cm kuat arus yang dihasilkan berkisar (0,213-0,0009) mA.

Grafik 4.10 menunjukkan hubungan tegangan dan jarak antar elektroda dengan berbagai macam hambatan pada limbah pisang, terlihat pada jarak antar elektroda terdekat yakni 2 cm dengan nilai hambatan terbesar 10 M Ω memiliki nilai tegangan paling besar dibanding dengan nilai kuat arus yang dihasilkan oleh bio-baterai dengan jarak antar elektroda yang lebih besar. Semakin jauh jarak antar elektroda semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan. Nilai Tegangan pada hambatan 1 k Ω -10M Ω pada jarak antar elektroda 2 cm berkisar antar (0,79-0,88) volt, jarak antar elektroda 4 cm nilai tegangan berkisar (0,66-0,87) volt, jarak antar elektroda 6 cm nilai tegangan berkisar (0,6-0,83 volt), jarak antar elektroda 8 cm nilai tegangan berkisar (0,5375-0,81) volt dan pada jarak antar elektroda 10 cm nilai tegangan berkisar (0,5025-0,8) volt.

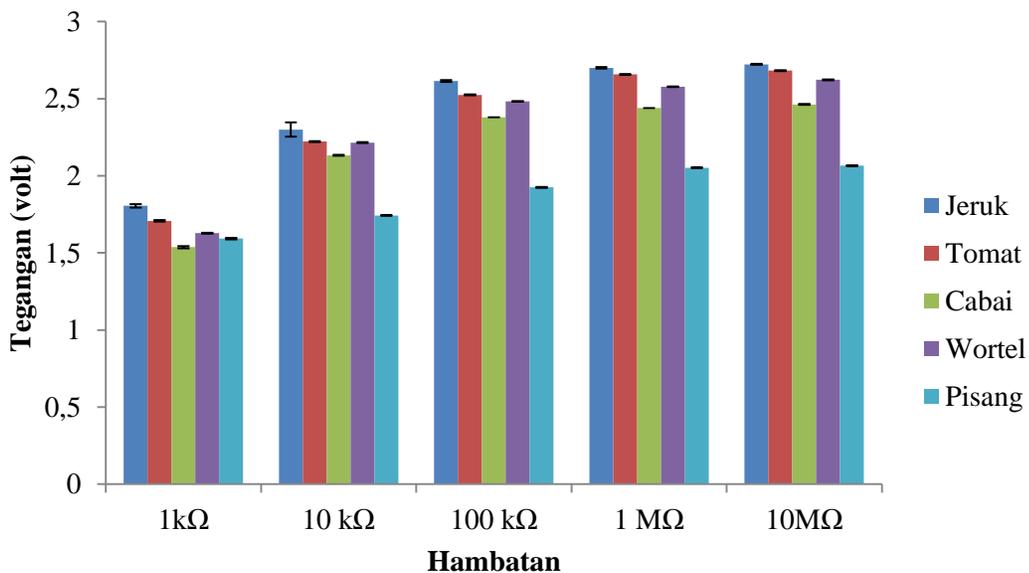
4.1.2 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Bio-bateraiSeri-paralel pada Elektrolit Berbagai Limbah Buah dan Sayuran

Hasil pengukuran arus dan tegangan dengan empat kali pengulangan untuk bio-baterai seri-paralel limbah buah dan sayuran ditampilkan pada grafik di bawah. Pada grafik tersebut dapat dilihat nilai arus dan tegangan dengan beberapa nilai resistor oleh masing-masing limbah buah dan sayuran yang digunakan sebagai bio-baterai.

Grafik hubungan kuat arus dan hambatan pada bio-baterai seri-paralel berbagai limbah buah dan sayuran ditunjukkan pada gambar 4.11, terlihat pada grafik, untuk semua limbah buah dan sayuran kuat arus yang dihasilkan bio-baterai pada hambatan terkecil 1 k Ω memiliki nilai kuat arus paling besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih besar. Nilai hambatan yang digunakan berbanding terbalik dengan kuat arus yang dihasilkan.



Gambar 4.11 Grafik hubungan kuat arus dan hambatan pada bio-baterai seri-paralel pada berbagai limbah buah dan sayuran



Gambar 4.12 Grafik hubungan tegangan dan hambatan pada bio-baterai seri-paralel berbagai limbah buah dan sayuran

Nilai kuat arus pada bio-baterai limbah buah jeruk pada hambatan terkecil $1\text{k}\Omega$ kuat arus bernilai $0,935\text{ mA}$, sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ memiliki nilai kuat arus sebesar $0,003\text{ mA}$. Pada bio-baterai limbah tomat pada hambatan terkecil $1\text{k}\Omega$ bernilai $0,823\text{ mA}$ sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ memiliki nilai kuat arus sebesar $0,00278\text{ mA}$. Pada bio-baterai seri paralel cabai, kuat arus yang dihasilkan bio-baterai pada hambatan terkecil $1\text{ k}\Omega$ memiliki nilai kuat arus lebih besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih besar. Nilai kuat arus pada hambatan $1\text{k}\Omega$ bernilai $0,69\text{ mA}$ sedangkan pada hambatan $10\text{ M}\Omega$ memiliki nilai kuat arus $0,00268\text{ mA}$.

Gambar 4.12 menunjukkan hubungan tegangan dan hambatan pada bio-baterai seri-paralel semua limbah buah dan sayuran, terlihat pada grafik, tegangan yang dihasilkan bio-baterai dengan hambatan terkecil memiliki nilai tegangan yang kecil sedangkan semakin besar hambatan yang diberikan maka tegangan yang dihasilkan semakin besar. Ini berlaku untuk semua bio-baterai limbah buah dan sayuran. Pada grafik ditunjukkan bahwa jeruk memiliki tegangan terbesar dan pisang memiliki tegangan terkecil. Pada bio-baterai seri-paralel limbah jeruk dengan nilai hambatan terkecil memiliki nilai tegangan sebesar $1,805\text{ volt}$, sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ bio-baterai memiliki nilai tegangan paling besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih kecil yakni $2,7255\text{ volt}$. Pada bio-baterai limbah tomat, terlihat pada grafik tegangan yang dihasilkan bio-baterai, pada hambatan terkecil yakni $1\text{ k}\Omega$ memiliki nilai tegangan $1,72\text{ volt}$ sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ bio-baterai tomat memiliki nilai tegangan yang besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih kecil yakni $2,69\text{ volt}$. Pada bio-baterai seri-paralel cabai, terlihat terlihat pada grafik, tegangan yang dihasilkan bio-baterai pada hambatan terkecil yakni $1\text{ k}\Omega$ memiliki nilai tegangan $1,5375\text{ volt}$ sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ bio-baterai memiliki nilai tegangan paling besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih kecil yakni $2,4625\text{ volt}$. Pada bio-baterai seri-paralel wortel, terlihat pada grafik tegangan yang

dihasilkan bio-baterai pada hambatan terkecil yakni $1\text{ k}\Omega$ memiliki nilai tegangan 1,6275 volt sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ bio-baterai memiliki nilai kuat arus paling besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih kecil yakni 2,6225 volt. Pada bio-baterai seri-paralel pisang, terlihat pada grafik, tegangan yang dihasilkan bio-baterai pada hambatan terkecil yakni $1\text{ k}\Omega$ memiliki nilai tegangan 1,5925 volt sedangkan pada hambatan terbesar $10\text{ M}\Omega$ bio-baterai memiliki nilai kuat arus paling besar dibandingkan dengan bio-baterai dengan hambatan yang lebih kecil yakni 2,065 volt. Nilai tegangan yang dihasilkan pada bio-baterai seri-paralel juga lebih besar dibandingkan dengan bio-baterai tunggal

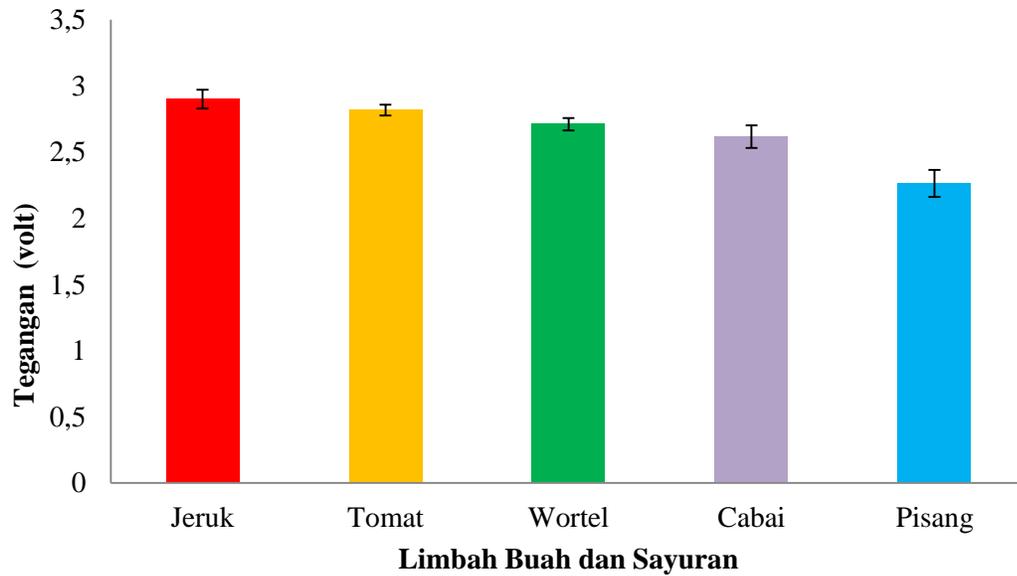
Dari grafik-grafik diatas dapat disimpulkan bahwa banyaknya bio-baterai yang disusun secara seri-paralel dan nilai resistor yang diberikan sangat berpengaruh terhadap nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Rangkaian bio-baterai seri-paralel melipat-gandakan nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai tunggal.

4.1.3 Pengukuran Tegangan Bio-baterai dan Lama Waktu Nyala Lampu LED Pada Bio-baterai Seri-Paralel berbagai Limbah Buah dan Sayuran

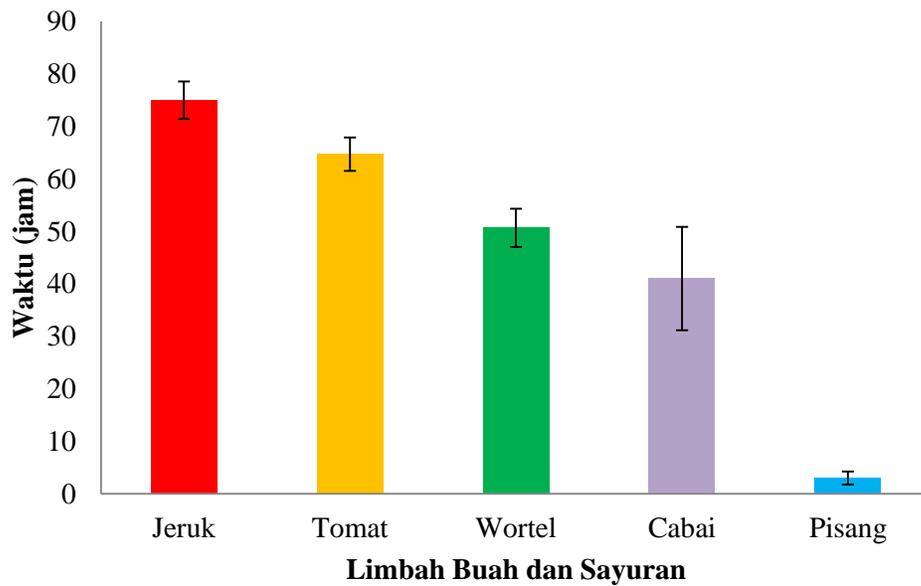
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai berbagai limbah buah dan sayuran dengan lama waktu penyinaran pada lampu LED, sehingga dapat membuat suatu bio-baterai dengan energi listrik yang optimal. Pada tabel dibawah disajikan grafik tegangan awal pada bio-baterai yang digunakan untuk menyalakan lampu LED dan grafik lama waktu nyala LED pada bio-baterai berbagai macam limbah buah dan sayuran.

Gambar 4.13 dan gambar 4.14 menunjukkan grafik tegangan awal dan nyala lama waktu LED, dapat dilihat pada nilai tegangan terbesar yang dimiliki oleh buah jeruk yakni 2,9 volt memiliki nilai lama waktu nyala LED terlama diantara limbah buah dan sayuran yang lain yakni 75 jam, kemudian nilai tegangan terbesar kedua dimiliki oleh buah tomat yakni 2,8 volt, juga memiliki nilai lama waktu LED terlama

kedua setelah limbah buah jeruk, yakni 64,7 jam. Sedangkan nilai tegangan terkecil ada pada limbah buah pisang, dengan besar tegangan yang dihasilkan 2,26 volt dan lama waktu nyala LED 3 jam.



Gambar 4.13. Grafik Tegangan awal rata-rata pada berbagai macam bio-baterai limbah buah dan sayuran



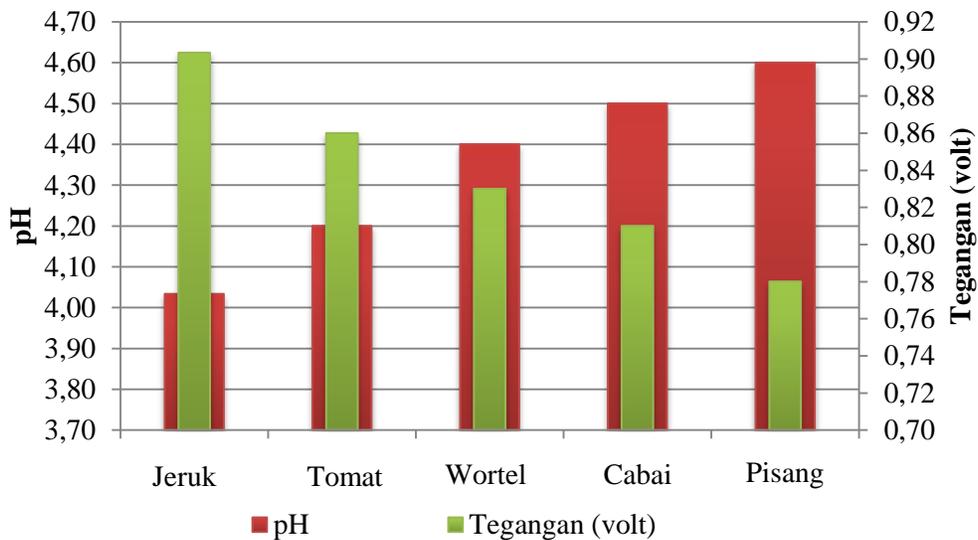
Gambar 4.14. Grafik lama waktu nyala LED pada berbagai macam bio-baterai limbah buah dan sayuran

4.1.4 Pengukuran pH pada Bio-baterai berbagai Limbah Buah dan Sayuran

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara pH dengan tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai berbagai limbah buah dan sayuran. Tabel dibawah disajikan nilai pH, standar deviasi dan standar *error* limbah buah dan sayuran.

Tabel 4.1 Nilai pH, standar deviasi, dan standar *error* bio-baterai pada berbagai macam limbah buah dan sayuran (n = 3) pada temperatur 27°C.

Limbah Buah/ Sayuran	Nilai pH			Rata-rata	Standar deviasi	Standar <i>error</i>
	Data 1	Data 2	Data 3			
Jeruk	4,1	4	4	4,03	0,06	0,04
Tomat	4,2	4,2	4,2	4,2	0	0
Wortel	4,4	4,4	4,4	4,4	0	0
Cabai	4,5	4,5	4,5	4,5	0	0
Pisang	4,6	4,6	4,6	4,6	0	0



Gambar 4.15 Grafik hubungan nilai pH dan tegangan pada berbagai macam bio-baterai limbah buah dan sayuran

Gambar 4.15 menunjukkan hubungan nilai pH dan tegangan pada bio-baterai berbagai limbah buah dan sayuran, dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai pH terbesar dimiliki oleh buah pisang yakni 4,6 dan nilai pH terkecil dimiliki buah jeruk yakni 4,03. Dan untuk nilai tegangan terbesar dimiliki oleh bio-baterai jeruk dengan besar tegangan 0,90 volt dan nilai tegangan terkecil dimiliki bio-baterai pisang dengan besar tegangan 0,78 volt. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai pH berbanding terbalik dengan tegangan, yakni semakin kecil nilai pH maka semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh limbah buah dan sayuran.

4.2 Pembahasan

Pada penelitian bio-baterai tunggal dengan variasi jarak, hasil pengamatan kuat arus, tegangan dengan jarak elektroda katoda-anoda untuk berbagai bio-baterai limbah buah dan sayuran diperlihatkan pada gambar 4.1 sampai gambar 4.10, didapatkan bahwa variasi limbah buah dan sayuran serta variasi jarak antar elektroda dengan berbagai hambatan memberikan nilai hasil kuat arus dan tegangan yang berbeda. Kuat arus dan tegangan berubah dengan perubahan jarak antar elektroda baik elektrolit limbah jeruk, tomat, wortel, cabai maupun pisang. Pada jarak terdekat 2 cm, bio-baterai limbah buah dan sayuran memiliki nilai kuat arus dan tegangan terbesar sedangkan semakin jauh jarak antar elektroda maka semakin kecil nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Jarak antar elektroda disini dianalogikan pada hambatan. Dimana semakin jauh jarak antar elektroda maka besar hambatan pergerakan elektron akan besar sehingga arus bernilai kecil. Semakin dekat jarak antar elektroda maka hambatan bernilai kecil sehingga nilai kuat arus menjadi besar. Hal ini juga dikarenakan jarak mempengaruhi laju reaksi antar dua elektroda (Suyuti, tanpa tahun).

Cara kerja bio-baterai ini mengadopsi cara kerja sel galvanik-volta, dimana jika ada dua elektroda yang berbeda dimasukkan pada elektrolit maka dapat menghasilkan energi listrik sebagai hasil reaksi kimia yang berlangsung spontan. Reaksi spontan akan terjadi jika dalam sel sirkuit telah lengkap artinya ada elektroda dan elektrolit

dan reaksi hanya dapat terjadi jika pereaksi-pereaksi direaksikan pada wadah yang sama, sehingga jarak antar elektroda mempengaruhi jalannya reaksi. Reaksi yang terjadi pada bio-baterai ini adalah reaksi oksidasi-reduksi dengan elektroda yang digunakan adalah Zn sebagai anoda dan Cu sebagai katoda. Pada anoda terjadi oksidasi dan elektron bergerak menuju elektroda. Elektron mengalir melalui sirkuit luar menuju ke katoda dan berpindah ke zat dalam elektrolit, zat yang menerima elektron mengalami reduksi. Dalam elektrolit (sirkuit dalam), muatan diangkut oleh kation ke katoda dan oleh anion ke anoda. Begitu reaksi terjadi berulang-ulang sehingga menghasilkan energi listrik (Hiskia, 1992).

Mayoritas kuat arus dan tegangan terbesar dihasilkan oleh bio-baterai limbah jeruk sedangkan kuat arus dan tegangan terkecil dihasilkan oleh bio-baterai pisang. Nilai kuat arus dan tegangan yang berbeda antara tiap bio-baterai limbah buah dan sayuran dikarenakan tiap buah dan sayuran memiliki tingkat ke-asaman yang berbeda. Terlihat pada tabel 4.1 tentang nilai pH limbah buah-sayuran, nilai pH jeruk memiliki nilai pH terkecil sedangkan pisang memiliki nilai pH terbesar. Jeruk memiliki nilai pH terkecil karena banyak mengandung asam sitrat dibandingkan pisang dan buah-sayur yang lain. Pisang memiliki nilai pH terbesar karena mengandung asam sitrat yang sedikit, dan dapat mengalami kenaikan nilai pH jika lama disimpan. Hal ini berhubungan dengan terjadinya penurunan kadar asam total yang disebabkan karena tumbuhnya kapang dan khamir yang dapat merusak kandungan asam pisang dan memproduksi polialkohol melalui fermentasi sehingga menyebabkan pH meningkat (Lestari, 2006). Sedangkan pada buah dan sayuran yang lain, mengalami kenaikan nilai ke-asaman ketika buah dan sayuran mulai membusuk, karena proses fermentasi menghasilkan asam yang lebih sehingga meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayuran (Amin dan Dey, tanpa tahun), sehingga nilai kuat arus dan tegangan semakin besar. Hubungan nilai pH dan tegangan dapat dilihat pada gambar 4.15 yang menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik, semakin besar nilai pH maka semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa limbah buah atau sayuran yang memiliki tingkat ke-asaman besar atau nilai pH nya lebih kecil dapat menghantarkan arus listrik yang besar. Sebaliknya limbah buah atau sayuran yang memiliki tingkat ke-asaman kecil atau nilai pH nya lebih besar menghantarkan arus listrik yang lebih kecil (Purnomo, 2010). Tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh bio-baterai limbah buah jeruk hanya memiliki nilai tegangan sebesar 0,95 volt dan arus listrik 0,45 mA. Sedangkan tegangan dan arus listrik baterai komersil adalah sebesar 1,5 volt dan 2,25 mA. Nilai tegangan yang dihasilkan antara bio-baterai seri-paralel dan baterai komersil terdapat perbedaan nilai tegangan yang cukup signifikan.

Pada penelitian analisis kuat arus dan tegangan yang dihasilkan bio-baterai seri-paralel diperlihatkan pada pada gambar 4.11 dan gambar 4.12, nilai kuat arus dan tegangan meningkat hampir tiga kali lipat dibanding dengan bio-baterai tunggal. Bio-baterai seri-paralel digunakan untuk memenuhi kebutuhan ganda, dimana hubungan seri akan menaikkan tegangan dan hubungan paralel meningkatkan kuat arus. Pada bio-baterai seri-paralel dapat dilihat bio-baterai limbah buah dan sayuran yang memiliki nilai arus dan tegangan yang paling besar. Dari grafik (Gambar 4.11) dapat dilihat buah Jeruk menghasilkan tegangan tertinggi dan buah pisang menghasilkan tegangan terkecil. Begitu juga dengan grafik (Gambar 4.11.) dapat dilihat buah Jeruk menghasilkan tegangan tertinggi yaitu 2,72 volt dan buah pisang menghasilkan tegangan terkecil yaitu 2 volt. Tegangan yang dihasilkan pada bio-baterai seri-paralel sudah melebihi tegangan baterai komersil sebesar 1,5 volt. Karakteristik bio-baterai seri-paralel mendekati karakteristik baterai *lead-acid* yang menghasilkan tegangan 2,2 volt.

Pada analisis penelitian lama waktu dalam menyalakan lampu LED pada bio-baterai seri-paralel, digunakan lampu LED *bright* putih dengan spesifikasi nilai tegangan (2,3-3,5) volt. Menurut Lindstorm untuk menyalakan sebuah bola lampu perlu minimal dua tegangan dan arus. Pada penelitian ini menggunakan 6 bio-baterai yang disusun secara seri dan paralel. Ketika bio-baterai dihubungkan secara seri,

maka akan menaikkan tegangan dan ketika dihubungkan secara paralel, arus yang dihasilkan lebih tinggi. Dari gambar 4.15, dapat dilihat bahwa bio-baterai limbah buah jeruk dapat menyalakan lampu LED terlama yakni dengan rata-rata waktu 75 jam dengan tegangan awal rata-rata yang dimiliki oleh buah jeruk adalah 2,9 volt dan lampu LED mati pada tegangan 2,31 volt. Setelah jeruk, buah tomat memiliki waktu terlama kedua yakni 60 jam dengan tegangan awal rata-rata yang dimiliki oleh buah tomat adalah 2,81 volt dan LED mati pada tegangan 2,31 volt. Lama waktu nyala LED ketiga dimiliki oleh wortel dengan lama waktu 50 jam dengan tegangan awal rata-rata yang dimiliki oleh wortel adalah 2,71 volt dan lampu LED mati pada tegangan 2,3 volt. Cabai memiliki lama waktu nyala LED 41 jam dengan tegangan awal rata-rata yang dimiliki oleh cabai adalah 2,61 volt dan lampu LED mati pada tegangan 2,3 volt, sedangkan untuk pisang hanya dapat menyalakan lampu LED selama 3 jam. Pisang tidak dapat menyalakan lampu *bright* LED putih dikarenakan tegangan awal rata-rata pada bio-baterai pisang hanya 2,26 volt sedangkan lampu *bright* LED putih memiliki nilai karakteristik tegangan minimum 2,3 volt.

Dari keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa nilai hambatan, jarak antar elektroda, susunan bio-baterai seri-paralel dan nilai pH mempengaruhi nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai berbagai limbah buah dan sayuran. Semakin besar nilai hambatan semakin besar tegangan dan semakin kecil nilai kuat arus. Semakin dekat jarak antar elektroda semakin besar nilai kuat arus dan tegangan. Semakin kecil nilai pH maka semakin besar nilai arus dan tegangan. Dan untuk bio-baterai yang disusun secara seri-paralel akan menaikkan nilai kuat arus dan tegangan. Sehingga untuk menghasilkan bio-baterai yang optimal, digunakan bio-baterai yang memiliki jarak antar elektroda terdekat dan bio-baterai disusun secara seri-paralel dengan limbah buah atau sayuran yang memiliki tingkat ke-asaman tinggi atau pH kecil.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Mengacu pada hasil dan analisis secara keseluruhan pada pengukuran kuat arus dan tegangan dapat disimpulkan bahwa perubahan variasi jarak, hambatan dan pH akan memberikan nilai kuat arus dan tegangan yang berbeda.

1. Semakin dekat jarak antar elektroda, semakin besar nilai arus dan tegangan. Dan semakin besar nilai hambatan, kuat arus semakin kecil dan tegangan semakin besar. Pada semua bio-baterai tunggal limbah buah-dan sayuran yang menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan yang terbesar dimiliki oleh bio-baterai dengan jarak elektroda terdekat 2 cm
2. Bio-baterai seri-paralel yang menghasilkan hampir tiga kali lipat nilai kuat arus dan tegangan bio-baterai tunggal. Kuat arus dan tegangan yang tertinggi dimiliki oleh bio-baterai limbah buah jeruk dibandingkan dengan tomat, wortel, cabai dan pisang dengan besar tegangan 2,72 volt; Bio-baterai yang mampu menyalakan lampu LED terlama juga dihasilkan oleh bio-baterai limbah buah Jeruk dengan lama waktu nyala LED 75 jam.
3. Nilai pH pada bio-baterai limbah buah dan sayuran sangat berpengaruh. Semakin besar nilai pH maka semakin kecil kuat arus dan tegangan yang dihasilkan dan sebaliknya. Nilai pH terkecil dihasilkan oleh limbah buah jeruk dengan nilai pH 4,03 dan tegangan terbesar dihasilkan jeruk dengan nilai 90 volt

5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian bio-baterai lebih lanjut dengan menggunakan jarak antar elektroda terdekat dan multimeter yang akurat untuk memperoleh nilai kuat arus dan tegangan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, S., Al-Ghamdi, A.S., dan Al-Marzouki, F. (Tanpa Tahun). *Electric Batteries from Food*. Saudi Arabia: Universitas King Abdulaziz :1-4.
- Amin, M.N., dan Dey, P.D.(Tanpa Tahun). *Electrochemical Analysis of Fruit and Vegetable Freshness*. California : Universitas Nasional.
- Brady, J.E. 1998. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Jakarta : Binarupa Aksara.
- Bird, T. 1987. *Kimia Fisik Untuk Universitas*. Jakarta : Gramedia.
- Daryanto. 2000. *Pengetahuan Teknik Elektronika*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1979. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta : Bharata.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1989. *Survei Pertanian : Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-buahan di Indonesia 1988*. Jakarta : Bharata.
- Dogra, S.K. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Faissler, W. 1991. *Modern Electronics*. Canada : John Wiley & Sons Inc.
- Hiskia, A. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Ilmiah*. Bandung : PT Citra Aditya Bakti.
- Hiskia, A. 1996. *Kimia Lanjutan*. Bandung : Citra Aditya Bakti.
- Jayashantha, N., Jayasuriya, K.D., dan Wijesundera, R.P. 2012. Biodegradable Plantain Pith for Galvanic Cells. Srilangka. *Proceedings of the Technical Sessions(28)* :92-99.
- Kadir,A. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Kartawidjaja, M., Abdurrocmam, A., dan Rumeksa, E. 2008. Pencarian Parameter Bio-Baterai Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$).*Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II* : 105-115.

- Lestari, R.E. 2006. *Karakteristik Fisik dan pH Selai Raja*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Linden, D.,Reddy, T. 2002. *Handbook Of Battery 3rd Edition*.New York:McGraw-Hill Inc.
- Lindstorm, E. (Tanpa Tahun). *The Electric Fruits*.
- Marince, R. 2006. *Karakteristik Fisik dan pH Sari Wortel*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Meade, R. 1994. *Foudation Of Electronics* . US America : Delmar Publisher, Inc.
- Pracaya. 2002. *Jeruk Manis*. Jakarta : Penebar Swadaya
- Pramono, S.S. 2004. *Studi Mengenai Komposisi Sampah Perkotaan di Negara-negara Berkembang*. Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Pudjanarsa,A., dan Nursuhud, D. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta : Andi Press.
- Purnomo, H. 2010. Pengaruh Keasaman Buah Jeruk Terhadap Konduktivitas Listrik.*ORBITH6*(2) :276-281.
- Rieger, P. 1994. *Electrochemical*. US America : Chapman &Hall, Inc.
- Rismunandar.1986.*Bertanam Pisang*. Bandung : Sinar Baru.
- Rosenberg, J. 1996. *Kimia Dasar*. Jakarta : Erlangga.
- Setiadi. 2001. *Bertanam Cabai*. Bogor : Penebar Swadaya
- Saeni, M.S.1989. *Kimia Lingkungan* .Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Santoso,B. 1998. *Pupuk Kompos*. Yogyakarta : Kanisius.
- Sears,F.W., dan Zemansky, M.W. 1999. *Fisika Untuk Universitas I*. Jakarta : Trimitra Mandiri.
- Soedoyo,P .1998. *Azas-Azas Ilmu Fisika Jilid 2 Listrik-Magnet*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.

- Sugiarto, B. 2004. *Ikatan Kimia*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Sunarjono, 1998. *Prospek Berkebun Buah*. Jakarta : Gramedia.
- Sutrisno, 1997. *Fisika Dasar Meanika*. Bandung : Institut Teknologi Badung
- Suyuty, A. Tanpa Tahun. *Studi Eksperimen Konfigurasi Komponen Sel Elektrolisis untuk Memaksimalkan pH larutan dan Gas Hasil Elektrolisis*. Surabaya : Institut Teknologi Surabaya
- Syukri, S. 1999 . *Kimia Dasar 3*. Bandung : ITB.
- Wasito, S. 2001. *Vademekum Elektronika*. Jakarta : Gramedia.
- Wiryanta, B. 2002. *Bertanam tomat*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Tipler, P. 1996. *Fisika*. Jakarta : Erlangga.
- Tobing, D.L. 1996. *Fisika Dasar 1*. Jakarta : Gramedia.