

**PENGARUH VARIASI ELEKTRODA TERHADAP
KELISTRIKAN BIO-BATERAI BERBAHAN DASAR SARI
BUAH TOMAT (*SOLANUM LYCOPERSICUM*)**

SKRIPSI

**AIDA FEBRIANA TANJUNG
0705163036**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

**PENGARUH VARIASI ELEKTRODA TERHADAP
KELISTRIKAN BIO-BATERAI BERBAHAN DASAR SARI
BUAH TOMAT (*SOLANUM LYCOPERSICUM*)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**AIDA FEBRIANA TANJUNG
0705163036**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Aida Febriana Tanjung
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705163036
Program Studi	: Fisika
Judul	: Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kelistrikan Bio-baterai Berbahan Dasar Sari Buah Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>)

dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Medan, 26 Maret 2021 M
12 Syakban 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Pembimbing Skripsi II,



Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aida Febriana Tanjung
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163036
Program Studi : Fisika
Judul : Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kelistrikan
Bio-baterai Berbahan Dasar Sari Buah Tomat
(*Solanum lycopersicum*)

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 26 Maret 2021



Aida Febriana Tanjung
NIM. 0705163036



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.007/ST/ST.V.2/PP.01.1/01/2022

Judul : Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kelistrikan Bio-
baterai Berbahan Dasar Sari Buah Tomat (*Solanum
lycopersicum*)
Nama : Aida Febriana Tanjung
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163036
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan
dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Jumat, 26 Maret 2021
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian *Munaqasyah*,
Ketua,

d/lu

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197503242007101001

Dewan Penguji,

Penguji I,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Penguji II,

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

Penguji III

Ety Jumiati, S.Pd., M.Si.
NIB.1100000072

Penguji IV,

Ratni Sirait, M.Pd.
NIB. 1100000072



Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan,

Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196609051991031002

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan (i) untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda terhadap kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*), (ii) untuk mengetahui hubungan antara variasi elektroda dengan variasi volume terhadap kelistrikan Bio-baterai berbahan dasar buah tomat (*Solanum lycopersicum*), (iii) untuk mengetahui nyala lampu LED yang dihasilkan sari buah tomat dengan memvariasikan elektroda. Penelitian ini dilakukan menggunakan sari tomat sebagai larutan elektrolit dengan memvariasikan elektroda yaitu elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn serta memvariasikan volume yaitu volume 50, 100, 150, 200, dan 250 ml untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik pada buah tomat. Rangkaian alat yang digunakan sama seperti rangkaian sel Galvani dengan menggunakan Lampu LED sebagai beban saat mengukur lama nyala lampu yang dihasilkan dari bio-baterai berbahan dasar sari tomat dan multimeter untuk mengukur tegangan dan arus. Hasil penelitian yang diperoleh adalah variasi elektroda sangat berpengaruh terhadap kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat, dikarenakan reaksi yang terjadi antara unsur penyusun pasangan logam sebagai elektroda dengan larutan sari buah tomat sebagai elektrolit. Di mana tegangan dan arus listrik tertinggi dimiliki oleh bio-baterai dengan menggunakan elektroda Cu-Zn dibandingkan dengan menggunakan elektroda Cu-Al dan Cu-Fe yaitu 1,64V dan 0,16mA. Hubungan antara variasi elektroda dan variasi volume terhadap kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat yaitu besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan masing-masing elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn yang tercelupkan. Semakin besar volume larutan elektrolit, maka luas permukaan yang tercelupkan ke dalam larutan sari buah tomat juga semakin besar.

Kata-kata kunci: Arus, Daya, Elektroda, Energi listrik, Tegangan, dan Tomat

ABSTRACT

*Research has been carried out aimed at (i) to determine the effect of electrode variations on bio-battery electricity made from tomatoes (*Solanum Lycopersicum*), (ii) to determine the relationship between electrode variations and volume variations on the bio-battery electricity made from tomatoes (*Solanum Lycopersicum*), (iii) to determine the LED light which produced by tomato juice by varying the electrodes. This research was conducted using fresh tomatoes as an electrolyte solution by varying the electrodes Cu-Al, Cu-Fe, and Cu-Zn and varying the volume 50,100,150,200, and 250 ml to measure the Voltage, Current, Power, and electrical energy in tomatoes. The series of tools used was the same as the Galvani cell series using an LED lamp as a load when measuring the length of the lamp flame produced from a tomato juice-based bio-battery and a multimeter to measure voltage and current. The results obtained were that the electrode variation was very influential on the electricity of the bio-battery made from tomato juice, due to the reaction that occurs between the constituent elements of the metal pair as the electrode and the tomato juice solution as an electrolyte. Where the highest voltage and electric current are owned by bio-batteries using Cu-Zn electrodes compared to using Cu-Al and Cu-Fe electrodes 1,64V and 0,16mA. The relationship between electrode variation and volume variation on the bio-battery electricity made from tomato juice, namely the magnitude of the voltage and electric current generated was due to the influence of the amount of volume and surface area of each Cu-Al, Cu-Fe, and Cu-Zn electrodes immersed. The greater the volume of the electrolyte solution, the greater the surface area immersed in the tomato juice solution.*

Keywords: Current, Electrode, Electrical Energy, Power, tomatoes, and Voltage

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala rasa syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, taufik, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kelistrikan Bio-baterai Berbahan Dasar Sari Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*)**”. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains dalam Program Studi Fisika.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini banyak pihak yang membantu, serta memberikan bimbingan dan arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin harahap, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnhan, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi I dan Masthura, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Terima kasih banyak telah membantu dan

meluangkan waktunya untuk membimbing dan berbagi ilmunya kepada penulis.

7. Kedua orang tua, seluruh keluarga, dan orang tercinta yang selalu memberikan doa terbaik, serta dukungan dalam setiap langkah yang penulis tempuh selama masa pendidikan.
8. Teman-teman seperjuangan (Rahmasari Pohan, Nadjara Yolanda, Irmawati Koto, Lansari Daulay, Dhina Indriani Damanik) yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
9. Teman-teman Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan angkatan 2016. Semoga kelak menjadi pribadi yang sukses dan berguna bagi bangsa, negara, dan agama.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan yang harus disempurnakan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang sangat membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Sekiranya skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri.

Medan, 26 Maret 2021

Penulis,

Aida Febriana Tanjung

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN SKRIPSI.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Buah Tomat	5
2.2 Bio-baterai.....	7
2.3 Elektrokimia	8
2.4 Elektroda	9
2.5 Potensial Elektroda	12
2.6 Karakteristik Bio-baterai.....	15
2.7 Penelitian yang Relevan.....	17
2.8 Hipotesis Penelitian	18
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.1.1 Tempat Penelitian.....	19

3.1.2 Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2.1 Alat Penelitian	19
3.2.2 Bahan Penelitian.....	20
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.4.1 Tahap Persiapan	22
3.4.2 Tahap Pengambilan Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil Penelitian	24
4.1.1 Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al	24
4.1.2 Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe	32
4.1.3 Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn ...	39
4.2 Pembahasan Penelitian	46
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Kandungan Nilai Gizi dan Kalori Pada Sari dan Buah Tomat per 100 Gram.....	7
2.2	Potensial Elektroda Standar	14
4.1	Hasil Pengukuran Tegangan Larutan Sari Buah Tomat dengan Elektroda Cu-Al tanpa Menggunakan LED Merah.	24
4.2	Hasil Pengukuran Kelistrikan Larutan Sari Buah Tomat dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED Merah	25
4.3	Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED ...	28
4.4	Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED ...	30
4.5	Hasil Pengukuran Tegangan Larutan Sari Buah Tomat dengan Elektroda Cu-Fe tanpa Menggunakan LED Merah.	32
4.6	Hasil Pengukuran Kelistrikan Larutan Sari Buah Tomat dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED Merah	32
4.7	Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED ...	36
4.8	Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED	37
4.9	Hasil Pengukuran Tegangan Larutan Sari Buah Tomat dengan Elektroda Cu-Zn tanpa Menggunakan LED Merah	39
4.10	Hasil Pengukuran Kelistrikan Larutan Sari Buah Tomat dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED Merah.....	40
4.11	Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED	44
4.12	Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED ...	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Buah Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	5
3.1	Diagram Alir Penelitian	22
3.2	Desain Prototipe Bio-Baterai	23
4.1	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Tegangan Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Al	27
4.2	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Arus Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Al	27
4.3	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Daya Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Al.....	28
4.4	Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED.....	29
4.5	Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED.....	30
4.6	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Tegangan Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Fe	33
4.7	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Arus Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Fe	34
4.8	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Daya Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Fe.....	35
4.9	Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED.....	37
4.10	Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai	

	Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED	38
4.11	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Tegangan Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Zn.....	41
4.12	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Arus Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Zn	42
4.13	Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Daya Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Zn	43
4.14	Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED	44
4.15	Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Analisis dan Perhitungan.....	54
2	Alat dan Bahan.....	57
3	Prosedur Penelitian.....	59
4	Hasil Pengukuran	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemanfaatan baterai sekarang ini menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Baterai yang bisa menghasilkan energi listrik dipakai hampir di semua elektronik seperti radio, lampu senter, jam dinding, dan kalkulator. Energi tersebut melalui proses kimia dari mulai transfer elektron melalui perantara yang sifatnya konduktif dari kedua elektroda (anoda dan katoda). Baterai mempunyai komponen utama yaitu elektroda serta elektrolit. Larutan elektrolit dari materi organik semacam sayur-mayur serta buah-buahan sudah sukses diuji coba serta berfungsi bagus sebagai elektrolit pada sistem sel Volta.

Bio-baterai menjadi salah satu pengembangan dari banyak peneliti untuk mengembangkan energi alternatif. Peneliti asal Jepang memaparkan bahwa sumber bio-baterai berasal dari karbohidrat, glukosa, enzim, dan asam amino. Seiring berkembangnya zaman, banyak peneliti yang memanfaatkan bahan organik yang ramah lingkungan untuk dikembangkan sebagai bio-baterai agar dapat menggantikan baterai komersial. Sehingga nantinya bio-baterai ini dapat menjadi solusi dari baterai konvensional yang ramah lingkungan dan tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya (Fadilah dkk, 2015).

Buah tomat ialah komoditas hortikultura yang memiliki peluang yang baik apabila dikembangkan secara mendalam. Tomat adalah suatu tanaman hortikultura yang tergolong ke dalam sayuran buah. Banyak petani yang membudidayakan tanaman tomat karena mudah dibudidayakan serta cocok ditanam di iklim Indonesia (Astuti, 2004) Tomat tergolong tanaman dalam *Famili solanaceae*. Tanaman tomat lebih cocok dan banyak ditanam di dataran tinggi, dataran sedang, serta dataran rendah. Tanaman ini termasuk tanaman semusim yang berusia sekitar 4 bulan. Tanaman tomat bisa ditanam sepanjang tahun. Tapi, waktu yang paling bagus untuk menanam tomat yaitu musim kemarau yang diakomodasi dengan penyiraman secukupnya.

Nurmasyitah (2019) Telah melakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh bahan elektroda terhadap kelistrikan jeruk dan tomat sebagai solusi energi alternatif. Metode penelitian ini ialah dengan memanfaatkan dua pasang elektroda (Cu-Fe dan Cu-Mg) untuk mengukur arus dan tegangan pada buah jeruk nipis dan tomat. Rangkaian alat yang dipakai sama seperti susunan sel galvani dengan memanfaatkan lampu LED dan multimeter untuk mengukur kuat arus dan beda potensial listrik. Hasil penelitian yang didapat yaitu elektroda Cu-Fe menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan listrik lebih kecil dibanding dengan memakai elektroda Cu-Mg pada eksperimen kelistrikan pada buah tomat dan jeruk nipis. Nyala lampu dengan memakai elektroda Cu-Mg lebih terang daripada memakai elektroda Cu-Fe.

Anas Suyuti (2018) telah melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi CMC dan lama pemanasan terhadap sifat fisik dan kimia (Likopen) sari buah tomat. Faktor utamanya ialah konsentrasi CMC yaitu 0,1, 0,15, dan 0,2%. Faktor kedua ialah lama pemanasan yaitu 10, 15, 20, serta 30 menit. Tiap-tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian yaitu kandungan likopen berkisar antara 3,768-1,436 mg/100 ml, viskositas berkisar antara 7,30-17,20 cP, pH berkisar antara 3,992-4,051, nilai warna merah didapat nilai rata-rata 13,32-13,95, dan organoleptik rasa diperoleh nilai peringkat 53,83-134,40, warna 67,00-120,30, dan aroma 73,63-117,53.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis berkeinginan melakukan penelitian mengenai “pengaruh variasi elektroda pada kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*).” Sehingga dari penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan data yang dapat memberikan gambaran elektrolit terbaik dari analisis kelistrikan yang dihasilkan larutan sari buah tomat dengan variasi elektroda yang digunakan yaitu Cu, Al, Fe, dan Zn serta penyalan lampu LED lebih lama dari bio-baterai sari buah tomat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi elektroda terhadap kelistrikan Bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*)?
2. Bagaimana hubungan antara variasi elektroda dan variasi volume terhadap kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*)?
3. Bagaimana nyala lampu LED yang dihasilkan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah sari buah tomat sebagai larutan elektrolit dan wadah akrilik yang terdiri atas 6 sel dengan 6 pasang elektroda untuk masing-masing variasi elektroda.
2. Penelitian dilakukan dengan variasi elektroda dan variasi volume.
3. Variasi elektroda yang digunakan adalah Cu sebagai katoda, Fe, Al, dan Zn sebagai anoda.
4. Variasi volume sari buah tomat yang digunakan adalah 50, 100, 150, 200, dan 250 ml.
5. Nilai kelistrikan pada bio-baterai dihitung dalam 10 menit sekali selama 1 jam.
6. Sifat kelistrikan yang akan diteliti adalah nilai tegangan, arus, daya, dan energi listrik.
7. Lampu LED merah digunakan sebagai beban saat mengukur lama nyala lampu yang dihasilkan dari bio-baterai sari buah tomat.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda terhadap kelistrikan Bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*)

2. Untuk mengetahui hubungan antara variasi elektroda dan variasi volume terhadap kelistrikan Bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*)
3. Untuk mengetahui nyala lampu LED yang dihasilkan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

- 1 Menginformasikan kepada masyarakat bahwa sari buah tomat dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bio-baterai.
- 2 Masyarakat mampu memperoleh energi listrik yang terbarukan dengan optimalisasi penggunaan sari buah tomat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Tomat



Gambar 2.1 Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*)

Tomat (*Solanum lycopersicum*) ialah satu dari komoditas hortikultura yang mempunyai peluang pengembangan yang baik dengan berbagai manfaatnya di masyarakat luas. Selaku sumber vitamin serta mineral (Zikria, 2014), buah tomat tidak hanya disantap selaku buah fresh ataupun bahan olahan, buah ini banyak juga dipakai buat kebutuhan materi dasar pabrik santapan olahan semacam minuman ekstrak buah ataupun saus tomat (Wasonowati, 2011) kemudian pada pabrik oba serta bahan kecantikan (Wijayanti serta Kesusilaan, 2013). Luasnya eksploitasi buah tomat menghasilkan tomat selaku salah satu barang hortikultur dengan angka ekonomi besar alhasil mempunyai kemampuan buat dibesarkan. Daya produksi tumbuhan tomat di Indonesia sedang terkategori kecil. Bagi informasi BPS pada tahun 2015 daya produksi tomat terkini menggapai 16, 09 ton atau ha, bila dibanding dengan negara- negara yang lain semacam USA sudah menggapai 69, 41 ton atau ha pada tahun 2015 (Adiyoga et al, 2004).

Tomat memiliki nutrisi semacam vit A, vit C, kalium, fosfor, magnesium, serta kalsium (USA 2009), di sisi itu tomat pula memiliki antioksidan yang bisa kurangi serbuan penyakit kanker (Miller et al. 2002 dalam Srinivasan, 2010). Tumbuhan tomat (*Solanum lycopersicum*) telah diketahui selaku tumbuhan sayur- mayur yang sangat besar tingkatan penggunaannya. Tomat pantas

menyandang julukan selaku barang multi khasiat yang menguntungkan. Beberapa warga memakai buah tomat buat pengobatan penyembuhan sebab memiliki karotin yang berperan selaku pembuat provitamin A serta likopen yang sanggup menghindari kanker (Wiyanta, B.T.W., 2005 dalam Santi, 2006).

Pemanfaatan buah-buahan seperti yang dijelaskan di atas dapat dianalogikan dalam firman Allah SWT dalam QS. Al-Mukminun ayat 19-21:

فَأَنشَأْنَا بِهِ لَكُمْ جَنَّاتٍ مِّنْ نَّحِيلٍ وَأَعْنَابٍ لَّكُمْ فِيهَا فَوَاحٍ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا ۖ تَأْكُلُونَ

وَشَجَرَةً تَخْرُجُ مِنْ سَيِّئَاءِ طُورٍ تَنْبُتُ وَصِبْغُهُ هَذِيلٌ لِّلْأَكْلِينَ ۚ ۲۰

وَأَنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نُّسْقِيكُم مِّمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا أَكْلُونَ ۚ ۲۱

Artinya: “Maka Kami tumbuhkan di dalamnya kebun-kebun untuk kamu, dari korma dan anggur-anggur. Dan untuk kamu pula buah-buahan bermacam-macam banyaknya, dan dari padanyalah kamu makan. Dan pohon kayu yang keluar dari bukit Thursina, tumbuh dengan minyak dan bumbu campuran untuk orang-orang makan. Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak adalah sesuatu yang patut kamu ambil ibarat; Kami beri minum kamu daripada apa yang keluar dari dalam perutnya dan ada pula yang manfaatnya banyak sekali untuk kamu, daripadanya pula kamu semua makan”.

Ayat tersebut menjelaskan tentang Allah menciptakan semua itu semata-mata tujuannya agar manusia dapat memanfaatkan dengan sebaik-baiknya ciptaannya. Seperti buah tomat yang diciptakan oleh Allah SWT, dapat banyak dimanfaatkan oleh manusia seperti dapat dijadikan makanan, minuman, dan juga dapat dijadikan sebagai bio-baterai.

Salah satu dari keseluruhan buah, tomat merupakan bagian dari buah yang punya berbagai manfaat untuk manusia. Mulai dari rasa yang lezat yang terkandung dalam tomat cukup baik, seperti Vitamin A serta C. Tomat dapat diolah jadi berbagai macam produk olahan. Kandungan vitaminnya sangat dibutuhkan untuk tumbuh kembang serta kesehatan manusia. Seperti vitamin C yang berperan penting dalam pencegahan sariawan, kesehatan gigi serta guzinta, serta memberi perlindungan dari bermacam penyakit akibat kurang vitamin C. Penelitian Amerika menyatakan bahwa buah ini bisa mencegah kanker, salah

satunya yakni kanker prostat, caranya dengan mengonsumsi 5 buah ditiap minggunya. Berdasarkan hasil penelitian buah tomat menunjukkan nilai gizi cukup tinggi sebagaimana dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Kandungan nilai gizi dan kalori pada sari dan buah tomat per 100 gram

Jenis Zat Gizi	Sari tomat
Kalori (kal)	15
Protein (g)	1
Lemak (g)	0,2
Karbohidrat (mg)	3,5
Vitamin A (si)	600
Vitamin B (mg)	0,5
Vitamin C (mg)	10
Kalsium (mg)	7
Fosfor (mg)	15
Besi (mg)	0,4
Air (g)	94

(Sumber: Atina, 2015)

2.2 Bio Baterai

Baterai merupakan sesuatu perlengkapan elektrokimia yang bisa mengubah tenaga kimia jadi tenaga listrik lewat respon kimia kelistrikan. Baterai menaruh daya kimia (bukan listrik) serta bisa melangsungkan respon dampingi materi- materi kimia terdapat pada metode serupa sampai memunculkan gerakan elektron (Wasito, 2001). Baterai mewujudkan tenaga listrik dengan mengaitkan memindahkan elektron lewat sesuatu alat yang bertabiat konduktif dari 2 elektroda (anoda serta katoda) alhasil menciptakan tegangan listrik serta beda potensial. Bagian penting pada baterai mencakup atas elektroda serta elektrolit. Materi serta besar dataran elektroda sanggup pengaruhi jumlah beda potensial yang diperoleh. Tiap materi elektroda mempunyai tingkatan potensial elektroda(E_o) yang berbeda- beda, terus menjadi besar besar dataran elektroda hingga terus menjadi banyak elektron yang dioksidasi (Tri Sumanzaya, 2019).

Elektrolit ataupun konduktor ionik ialah selaku fasilitator alat buat mengirim ion. Elektrolit mencakup atas elektrolit cair serta elektrolit padat. Tipe elektrolit cair mempunyai kelemahan di antara lain rentan atas kebocoran serta gampang dibakar, sebaliknya elektrolit padat mengarah lebih nyaman, gampang digunakan, leluasa dari kebocoran serta bisa terbuat dengan format lebih kecil. Prinsip kegiatan baterai memakai prinsip elektrokimia menggunakan metode redoks. Cara kerjanya, anoda (elektroda minus) akan menghadapi respon oksidasi sehingga elektron yang terletak pada bidang anoda akan dihindari dan dibawa oleh ion elektrolit menuju katoda (elektroda positif). Pemindahan elektron oleh ion elektrolit ini lantas akan menciptakan tekanan dan arus listrik ketika bersentuhan dengan bagian elektronik seperti dioda, resistor olahraga (Tri Sumanzaya, 2019).

2.3 Elektrokimia

Suatu kaidah yang menelaah prospek elektronika dari reaksi kimia diartikan sebagai elektrokimia, adalah ilmu wawasan yang berkaitan dengan reaksi-reaksi kimia yang kemudian membentuk energi listrik. Dalam elektrokimia, terdapat dua reaksi kimia yang berlangsung ialah reaksi reduksi dan oksidasi atau dinamakan dengan reaksi redoks. Cara dasarnya merupakan terdapatnya memindahkan elektron antara dataran elektroda dengan anasir didalam air yang ikut serta dalam respon redoks (Wang, 2000). Respon pengurangan serta oksidasi merupakan respon dengan peralihan elektron dari satu senyawa ke senyawa lainnya, misalnya $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$. Tidak hanya itu, oksidator merupakan penerima elektron serta reduktor merupakan pelepasan elektron.

Peristiwa elektrokimia sudah dilaksanakan pada tahun 1737-1798 oleh Volta dan Luigi Galvani yang menciptakan suatu konflik di antara keduanya, pada hasilnya percobaan Volta membuktikan bahwa jika sepasang elektroda yang mempunyai suatu tegangan di koneksikan pada elektrolit, sehingga akan memberikan arus listrik di antara sepasang elektroda tersebut. Percobaan Volta membentuk suatu cara kerja baterai (Giancoli, 1998). cara kerja sel elektrokimia adalah jika sepasang elektroda yang tidak sejenis, misalkan elektroda Zn dan elektroda Cu dikoneksikan dengan kawat yang tersambung pada lampu serta

jembatan garam, sehingga logam Zn akan teroksidasi menjadi Zn^{2+} membentuk persamaan reaksi yaitu:



Elektron yang dibentuk oleh logam Zn mengalir melewati lampu lalu mengarah kepada elektroda Cu. Lalu elektron tersebut diterima oleh ion Cu pada larutan CuSO_4 dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



Cu yang didapatkan akan mengendap pada batang logam Cu, sehingga mengakibatkan batang logam Cu menjadi semakin lebih tebal. Logam Zn terjadi oksidasi, sehingga elektroda ini dinamakan sebagai anoda, serta jadi kutub negatif sebab menciptakan elektron. Ion Cu terjadi proses reduksi menjadi Cu serta melekat pada katoda sebagai kutub positif. Peralihan elektron dari anoda ke katoda menimbulkan larutan di anoda kebanyakan muatan negatif disebabkan bertambahnya ion Zn. Larutan di katoda kebanyak muatan negatif disebabkan berkurangnya ion Cu. Supaya dapat menetralisasi muatan listrik, dihubungkan jembatan garam, yaitu larutan NaNO_3 atau KCL yang dicelupkan kedalam pipa U.

Sel elektrokimia ialah media yang dipakai untuk melakukan pertukaran reaksi oksidasi dan reduksi. Dalam suatu sel, energi listrik diperoleh dengan pembebasan elektron pada suatu elektroda (oksidasi) serta penangkapan elektron pada elektroda lain (reduksi). Elektroda yang menghamburkan elektron dinamakan sebagai anoda, sebaliknya elektroda yang menangkap elektron dinamakan sebagai katoda. Maka dari itu sebuah sel mencakup anoda sebagai elektroda tempat proses terjadinya reaksi oksidasi, serta katoda sebagai elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi dan larutan elektrolit atau ionik untuk menghasilkan arus. (Tri Sumanzaya, 2019).

2.4 Elektroda

Elektroda ialah konduktor yang bisa diberikan arus listrik dari suatu media ke media yang lain. Elektroda umumnya terbuat dari logam, semacam tembaga, perak, timah, ataupun seng, namun terdapat elektroda yang terbuat dari bahan konduktor listrik non-logam, semacam grafit. Elektroda bisa dipakai dalam pengelasan, baterai, obat-obatan, serta manufaktur untuk proses yang melibatkan

elektrolisis (Chang, 2003). Dalam persoalan arus listrik searah, elektroda muncul bergandengan, dan dinamakan sebagai anoda dan katoda. Dalam suatu baterai, atau sumber DC lainnya, anoda diartikan sebagai elektroda pada saat elektron muncul dari sel elektrokimia mengakibatkan terjadinya oksidasi. Sebaliknya katoda diartikan sebagai elektroda pada saat elektron melalui sel elektrokimia sehingga mengakibatkan reduksi. Setiap elektroda bisa membentuk suatu anoda ataupun katoda tergantung dari beda potensial yang diberikan pada sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar ialah elektroda yang berperan sebagai anoda dari suatu sel elektrokimia serta katoda bagi sel elektrokimia lainnya (Tri Sumanzaya, 2019).

Elektroda terbagi atas dua jenis yaitu sebagai berikut.

a. Anoda

Pada sel galvani, anoda ialah tempat berlangsungnya oksidasi, bermuatan negatif yang diakibatkan oleh reaksi kimia spontan dan elektron akan dihamburkan oleh elektroda. Pada sel elektrolisis, sumber keluaran beda potensial diterima dari luar, sehingga anoda bermuatan positif jika disambungkan dengan katoda. Ion-ion yang bermuatan negatif akan dialirkan ke anoda untuk dioksidasi (Tri Sumanzaya, 2019).

b. Katoda

Katoda ialah elektroda tempat berlangsungnya reduksi berbagai zat kimia. Katoda bermuatan positif jika dipasangkan dengan anoda yang terjadi pada sel galvani. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda untuk direduksi oleh elektron-elektron yang muncul dari anoda. Pada sel elektrolisis, katoda adalah elektroda yang bermuatan negatif (anion). Ion-ion bermuatan positif (kation) mengalir ke elektroda untuk direduksi, sehingga pada sel galvani elektron bergerak dari anoda ke katoda (Tri Sumanzaya, 2019).

Tembaga ialah suatu unsur kimia yang disimbolkan dengan Cu. Tembaga ialah unsur logam yang berbentuk kristal dengan warna kemerahan dan mempunyai titik didih 2600 °C serta titik leleh 1080 °C. Selain itu, tembaga ialah penghantar panas dan listrik yang baik. Umumnya dipakai dalam bentuk paduan, sebab bisa dengan gampang membentuk paduan dengan logam-logam lain diantaranya dengan logam Pb dan logam Sn (Vliet dkk., 1984). Seng ataupun zinc

ialah unsur kimia dengan simbol kimia Zn. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinit, smithsonit, wellenit dan zinkit. Logam ini termasuk tidak sulit ditempa dan lipat pada suhu 110 – 150 °C. Fungsi lain dari tembaga adalah sebagai bahan untuk baut penyolder, sebagai kawat-kawat jalan traksi listrik (kereta listrik, trem, dan sebagainya), unsur konduktor di atas tanah, konduktor penangkal petir, untuk lapis tipis dari kolektor, dan lain-lain. Sebaliknya sifat kimia tembaga adalah unsur yang relatif bukan reaktif sehingga tahan terhadap korosi (Yulianti, 2016).

Seng melebur pada temperatur 410 °C dan mendidih pada temperatur 906 °C. Seng adalah unsur yang paling melimpah di kerak bumi dan memiliki lima isotop stabil. Bijih seng yang paling banyak ditambang adalah seng sulfida. Pelapisan seng pada baja untuk mencegah perkaratan merupakan aplikasi utama seng, aplikasi lainnya meliputi penggunaannya pada baterai. Terdapat berbagai jenis senyawa seng yang dapat ditemukan, seperti seng karbonat dan seng glukonat (suplemen makanan), seng klorida (pada deodoran), seng piriton (pada sampo anti ketombe), seng sulfida (pada cat berpendar), dan seng metil ataupun seng dietil di laboratorium organik. Seng merupakan logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, pudar bila terkena uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam (Widiowati dkk., 2008).

Aluminium mempunyai massa jenis 2,7 g/cm³, titik leleh lebih dari 658 °C dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar 35 m/ohm.mm² atau kira-kira 61,4% dari daya hantar tembaga, tahanan listriknya sebesar 64,94%, hantaran listrik koefisien temperature yaitu 0,0042 °C. Aluminium murni mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tariknya hanya 9 kg/mm². Untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium (Yulianti, 2016).

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe²⁺) dan ferri (Fe³⁺). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi

penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen. Resistivitas listrik (20 °C) yaitu 96,1 nΩ.m (Rajic dkk., 2012). Oksidasi ialah elektroda yang mempunyai potensial reduksi yang lebih kecil sedangkan reduksi ialah elektroda yang mempunyai potensial reduksi yang lebih besar (Riyanto, 2013).

Pada rangkaian elektrokimia, elektroda dibagi menjadi dua bagian, yaitu katoda seperti tembaga (Cu) dan anoda seperti seng (Zn). Elektroda seperti Cu dan Zn merupakan kutub-kutub listrik pada rangkaian sel elektrokimia. Larutan ion mengalir melalui sepasang elektroda, elektroda positif menarik ion negatif dan elektroda negatif menarik ion positif. Bahan elektroda yang ideal memiliki konduktivitas tinggi, luas permukaan spesifik yaitu luas permukaan per unit berat sebesar mungkin untuk penyerapan (Tri Sumanzaya, 2019).

2.5 Potensial Elektroda

Akibat adanya elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif maka berdampak pada arus listrik yang terjalin pada sel volta. Perihal ini diakibatkan sebab perbandingan potensial antara kedua elektroda. Misalkan mengukur perbedaan potensial (ΔV) antara dua elektroda dengan memakai potensiometer pada saat arus listrik yang didapatkan mengalir sampai habis. Oleh karena itu, akan didapatkan perbedaan potensial ketika arus listriknya nol yang dinamakan sebagai potensial sel (E°_{sel}). Perbedaan potensial yang diamati bermacam-macam dengan berbagai bahan elektroda dan konsentrasi serta suhu larutan elektrolit. Contohnya untuk sel Daniell, apabila diukur dengan potensiometer tegangan pada suhu 25 °C saat konsentrasi ion Zn^{2+} dan Cu^{2+} sama ialah 1,10 volt. Apabila elektroda Cu^{2+} didalam sel Daniell ditukar dengan elektroda Ag/Ag^+ , potensial sel ialah 1,56 Volt. Akan didapatkan nilai potensial sel yang begitu beragam apabila dikombinasikan dengan berbagai elektroda (Anderson dkk., 2010).

Larutan ion mengalir melewati satu pasang elektroda, elektroda positif akan ditarik oleh ion negatif dan elektroda negatif akan ditarik oleh ion positif. Bahan elektroda yang ideal ialah yang mempunyai konduktivitas yang tinggi, luas bidang spesifik ialah luas bidang per unit berat sebesar mungkin untuk

penyerapan. Pada saat sepasang konduktor seperti Cu-Zn dan C-Zn terkoneksi melewati larutan pada konsentrasi pengangkut muatan positif dan negatif tidak setimbang, maka pada kedua ujung konduktor itu didapatkan suatu tegangan. Metode ini disebut dengan sel Volta. Pada kedua ujung konduktor terdapat reaksi redoks secara kontinu, sehingga terdapat adanya pertukaran pengangkut muatan dari elektroda ke larutan elektrolit, begitu juga sebaliknya dari larutan elektrolit ke elektroda, mengakibatkan aliran pengangkut muatan (arus listrik) dalam rangkaian tertutup di kedua elektroda tersebut. Gaya gerak listrik dari sel adalah hasil transisi energi kimia melewati reaksi redoks (Landis, 1909). Energi listrik yang diperoleh dari sel Volta berdasarkan dari jenis larutan dan elektrodanya baik dari jenis material maupun perubahan dimensi elektroda. Potensial elektroda hanya dapat diklaim terhadap potensial elektroda pasangannya. Untuk membandingkan besar elektroda dari beragam jenis logam sehingga dipakai potensial standar hidrogen (Sodikin dkk, (2013))

Berdasarkan deret Volta, unsur logam pada potensial elektroda lebih negatif diletakkan di bagian kiri, sementara unsur pada potensial elektroda yang lebih positif diletakkan di bagian kanan. Makin ke kiri kedudukan suatu logam pada deret Volta, sehingga logam akan menjadi lebih reaktif, lebih mudah menghamburkan elektron serta logam adalah suatu zat pereduksi yang kuat dan mudah terjadinya oksidasi. Begitu juga kebalikannya, makin ke kanan kedudukan suatu logam pada deret tersebut, maka logam akan lebih sulit reaktif, serta makin sukar menghamburkan elektron dan logam merupakan suatu zat pengoksidasi yang kuat dan mudah terjadinya reduksi (Imamah. 2013).

Tabel 2.2. Potensial Elektroda Standar

Setengah Reaksi Reduksi (Pada Katoda)	E°red (Volt)
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	3,04
$\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$	-2,92
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2,76
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}(\text{s})$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,04
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+(\text{aq})$	0,16
$\text{ClO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,17
$\text{AgCl}(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	0,22
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{ClO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_2^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,35
$\text{IO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,49
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0,52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq})$	0,54
$\text{ClO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,59
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0,77
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}(\text{l})$	0,80
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}(\text{l})$	0,85
$\text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	0,90
$2\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})$	0,90
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	0,96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,36
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	1,44
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,49
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1,78
$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	1,82

(Silberberg, 2000)

2.6 Karakteristik Bio Baterai

Listrik merupakan sesuatu muatan yang mencakup muatan positif dan muatan negatif. Suatu benda dibidang mempunyai energi listrik jika benda itu memiliki perselisihan jumlah muatan. Ada beberapa besaran listrik yang harus diketahui antara lain yaitu.

a. Arus Listrik

Arus listrik merupakan jumlah muatan yang mengalir di setiap satuan waktu yang diukur dalam satuan ampere (Bakshi, 2009). Arus listrik merupakan suatu muatan yang bergerak, dimana muatan listrik bisa mengalir melewati kabel ataupun penghantar listrik yang lain. Penghantar listrik dibedakan dalam tiga jenis, ialah penghantar listrik padat dengan pengangkut muatan merupakan elektron bebas, penghantar cair dengan pengangkut muatan ion positif dan ion negatif, dan penghantar gas dengan pengangkut muatan merupakan ion positif dan elektron-elektron bebas serta ion didalam penghantar bergerak karena diakibatkan dampak medan listrik. Apabila pada waktu Δt telah melalui sejumlah Δq muatan sehingga arus listrik I yang mengalir secara matematis diklaim pada Persamaan 2.3 berikut.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (2.3)$$

dengan Δq merupakan jumlah muatan yang mengalir untuk jangka waktu Δt yang begitu kecil. Untuk arus searah, banyaknya muatan yang mengalir melalui penampang kawat atau suatu penghantar ialah tetap oleh sebab itu dapat di tuliskan pada Persamaan 2.4.

$$I = \frac{q}{t} \quad (2.4)$$

dengan q merupakan jumlah muatan listrik (C), I merupakan kuat arus (A), dan t adalah waktu (s). Arus listrik pada satuan SI ialah Coulomb per sekon (C/s) yang lebih dikenal dengan Ampere (A), diperoleh dari seorang fisikawan perancis yang dikenal dengan nama Andre Marie Ampere. Besaran kuat arus I tercantum kedalam besaran pokok sementara muatan q dan waktu t merupakan besaran turunan (Aristian, 2016).

b. Tegangan Listrik atau Beda Potensial

Beda potensial ataupun dikenal dengan sebutan tegangan listrik merupakan jumlah energi listrik yang dibutuhkan untuk mengalirkan setiap muatan listrik dari penghujung konduktor yang diukur dalam satuan Volt (V). Tegangan bisa pula dinyatakan sebagai Joule per Coulomb. Misalnya suatu baterai mempunyai beda potensial sebanyak 12,6 V, diartikan bahwa setiap muatan 1 coulomb memberikan energi sebanyak 12,6 Joule. Apabila suatu lampu disambungkan ke baterai, maka pada tiap muatan 1 Coulomb yang mengalir melewati lampu akan dapat mengubah energi sebanyak 12,6 Joule menjadi energi panas dan energi cahaya (Aristian, 2016).

c. Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi listrik yang mengalir setiap detik ataupun dinyatakan dalam Joule per second, yang diukur pada satuan Watt (W). (Aristian, 2016).

Hubungan antara arus, tegangan, dan hambatan ditunjukkan dalam Persamaan 2.5, 2.6, dan 2.7.

$$I = V/R \quad (2.5)$$

$$R = V/I \quad (2.6)$$

$$V = IR \quad (2.7)$$

Keterangan: I = arus (A);

V = tegangan (V);

R = hambatan (Ω).

Berikutnya hubungan antara arus, tegangan dan daya listrik dipaparkan kedalam Persamaan 2.10 - 2.13 (Thompson, 2006).

$$P = V I \quad (2.8)$$

d. Energi Listrik

Energi listrik diartikan sebagai banyaknya jumlah daya listrik dikalikan dengan selama waktu tersebut (Thompson, 2006). Satuan SI untuk energi listrik ialah Joule (J), tetapi lebih dikenal dengan kiloWatt-hour (kWh). Dalam suatu rangkaian listrik, hubungan antara arus dan tegangan diterangkan dalam Hukum Ohm dimana arus sebanding lurus dengan tegangan dan sebanding terbalik dengan hambatan. Hambatan yang dimaksudkan merupakan hambatan pada rangkaian yang bisa menghambat jalannya arus. Hambatan dapat dituliskan dengan simbol R serta dapat diukur dalam satuan ohm (Ω).

$$P = W/t \quad (2.9)$$

$$W = P t \quad (2.10)$$

Keterangan : P = daya (W);

W = energi (J);

t = waktu (s).

2.7 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang sudah dilakukan oleh Tri Sumanzaya (2019) bertujuan untuk menganalisis karakteristik elektrik onggok singkong sebagai pasta bio-baterai. Penelitian dilakukan dengan memakai elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan desain alat dibuat dari baterai dry cell tipe R20S IEC/UM-1/D tegangan 1,5 Volt sebanyak 20 buah yang dirangkai secara seri. Elektrolit yang dipakai ialah onggok singkong baru, onggok singkong fermentasi 48 jam, 96 jam, dan 144 jam. Pengukuran karakteristik elektrik onggok singkong dengan memakai beban lampu LED DC 12V 7 Watt selama 12 jam. Tegangan maksimum saat tidak diberi beban yang dihasilkan onggok singkong baru sebesar 16,76 Volt, fermentasi 48 jam sebesar 19,28 Volt, fermentasi 96 jam sebesar 20,00 Volt, dan fermentasi 144 jam sebesar 20,30 Volt. Jenis onggok singkong yang mempunyai karakteristik elektrik terbaik ialah onggok singkong fermentasi 144 jam. Onggok singkong tersebut sanggup menghidupkan lampu dengan terang. Penelitian ini menunjukkan makin lama waktu fermentasi onggok singkong mengakibatkan konduktivitas listrik akan semakin meningkat.

Berbeda pada penelitian yang dilakukan oleh Resti Fadilla (2017) yang bertujuan untuk mengetahui potensi daun pepaya sebagai pengganti pasta baterai kering dilihat dari tegangan dan nyala lampu yang dihasilkan, mengetahui pengaruh penambahan garam dan tanpa penambahan terhadap tegangan yang dihasilkan dari nyala lampu LED pada baterai berpasta daun pepaya, dan mengetahui apakah daun pepaya dapat diterapkan pada praktikum sel elektrokimia dilihat dari tanggapan guru responden. Pada penelitian ini dilakukan variasi penambahan garam NaCl dengan konsentrasi 0,25 gram dan 0,75 gram pada pasta daun pepaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai berpasta daun pepaya mempunyai tegangan 1,134 Volt dan nyala lampu yang redup. Penambahan NaCl 0,25 gram dan 0,75 gram mempengaruhi tegangan yang dihasilkan yakni bertambah tingginya tegangan, masing-masing 1,1147 Volt dan 1,179 Volt.

Berbeda pada penelitian yang dilakukan oleh Suci Asmarani, dkk (2019) yang bertujuan untuk memanfaatkan limbah citrus sebagai sumber energi bio-baterai alternatif. Bahan yang diperlukan mencakup elektroda tembaga (Cu), seng (Zn), cairan elektrolit (50ml) dari jeruk nipis, lemon, medan orange, dan pontianak orange. Elektroda tembaga Cu digunakan sebagai katoda dan seng (Zn) sebagai anoda. Kondisi variasi cairan segar, fermentasi 48 jam, dan Turbidity. Tingkat keasaman cairan diukur memakai pH meter. Hasil pengukuran terbaik tanpa beban didapatkan dalam busuk lemon, yaitu 19,36 V. Pengukuran memakai 10002 beban diperoleh hasil terbaik dalam fermentasi cairan kapur 48 jam, yaitu 2,369 mW, 0,762 mA dan 3,11 V. Untuk pengukuran dengan LED tambahan, hasil terbaik ialah cairan lemon dan kapur dengan 48 jam fermentasi, dengan maksimum 9 LED. Hasilnya adalah 7,144 mW dan 8,534 mW.

2.8 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini ialah sari buah tomat bisa diaplikasikan sebagai elektrolit pada bio-baterai dengan memakai variasi elektroda Cu, Al, Fe, dan Zn. Bio-baterai diharapkan dapat diaplikasikan untuk menyalakan lampu LED merah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah jenis penelitian yang memakai metode eksperimen. Dalam hal ini penulis ingin berinovasi dalam bidang energi baru-terbarukan dengan memanfaatkan sari buah tomat sebagai energi alternatif bio-baterai seperti yang dikemukakan pada judul di atas yaitu “Pengaruh Variasi Elektroda terhadap Kelistrikan Bio-baterai Berbahan Dasar Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*).”

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Tahap persiapan bahan dan pengujian kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara yang berada di jalan IAIN No.1 Gaharu, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara 20235.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian terkait analisis kelistrikan bio-baterai dengan pemanfaatan sari buah tomat dilaksanakan pada bulan September-November 2020.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Gelas kimia ukuran 250 ml digunakan sebagai wadah cairan.
2. Multimeter digital untuk mengukur tegangan dan arus listrik dari bio-baterai.
3. Kabel penjepit buaya untuk menghubungkan rangkaian.
4. Gelas ukur untuk mengukur volume larutan sari tomat yang akan diuji.
5. Wadah akrilik sebagai tempat meletakkan larutan sari buah tomat.
6. Blender untuk menghaluskan buah tomat menjadi pasta.
7. Pisau untuk memotong buah tomat.

8. Saringan untuk menyaring buah tomat yang sudah dihaluskan agar diperoleh sari tomat.

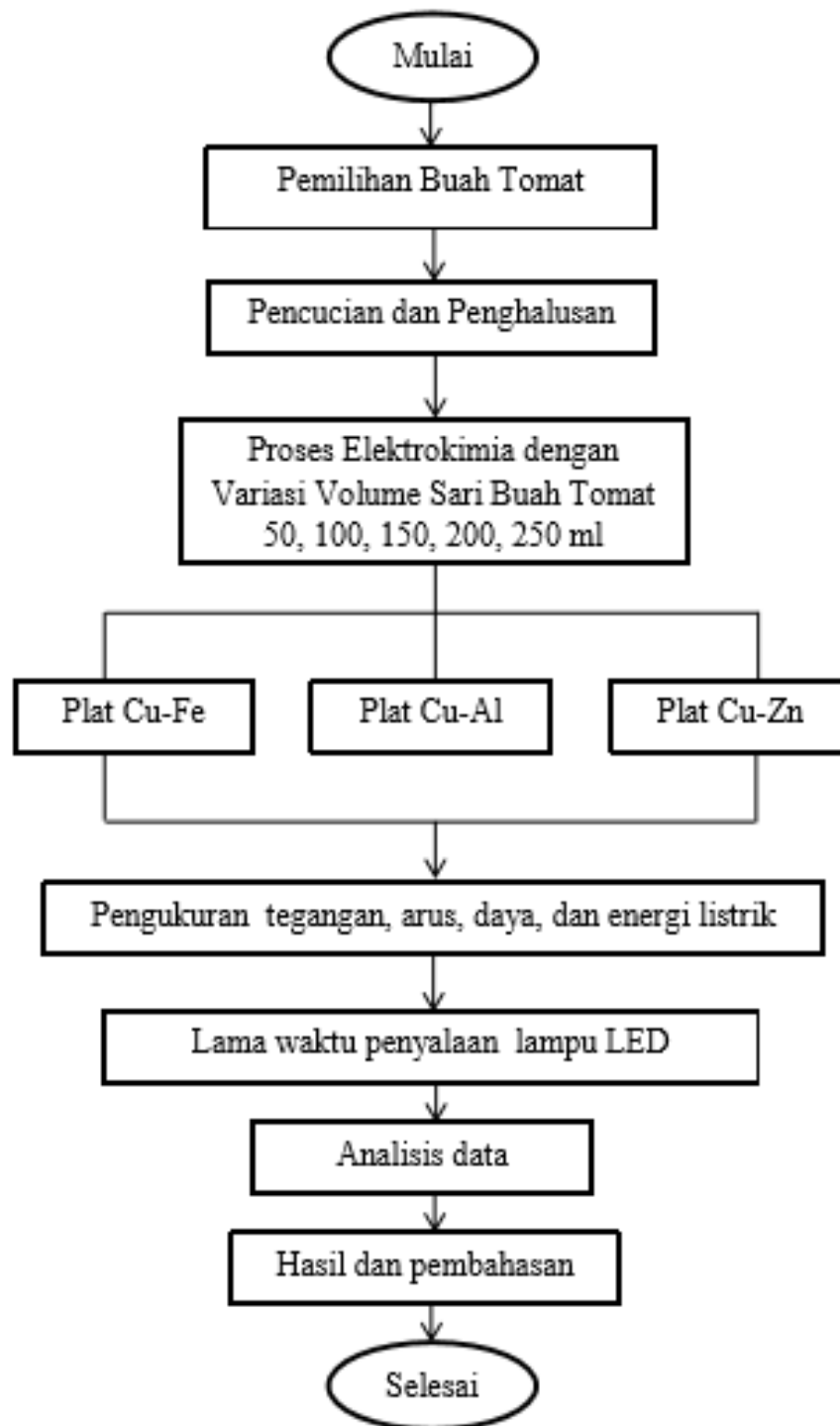
3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Larutan sari buah tomat sebagai cairan elektrolit bio-baterai.
2. Anoda: logam Fe (Besi), Al (Aluminium), dan Zn (Seng)
Katoda: Cu (Tembaga)
3. Lampu LED merah sebagai beban saat mengukur lama waktu penyalaan yang dihasilkan dari bio-baterai sari buah tomat.
4. Kertas label untuk memberi penomoran atau melabeli sampel uji.

3.3 Diagram Alir penelitian

Diagram alir pada penelitian ini terdapat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Ada 3 tahap persiapan sebelum melakukan tahap pengambilan data ialah sebagai berikut:

1. Pemilihan Jenis Elektroda

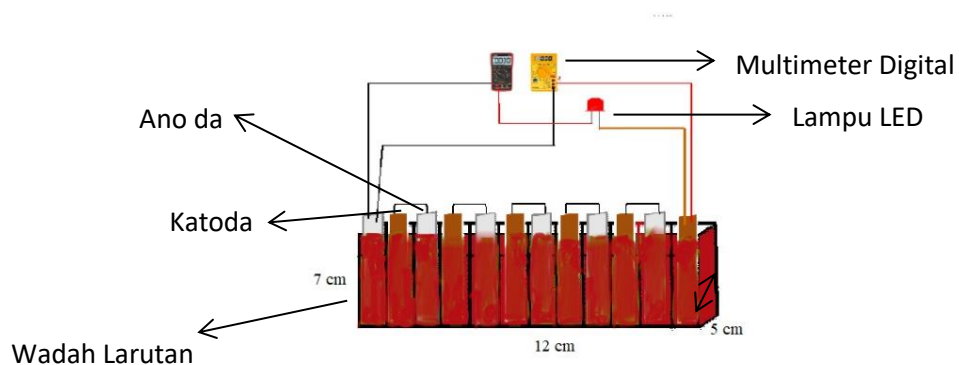
Pada penelitian ini digunakan 4 jenis plat elektroda yaitu Cuprum (Cu), Ferrum (Fe), Alumen (Al), dan Zink (Zn)

2. Persiapan Sari Buah Tomat

Buah tomat yang dipakai yaitu buah tomat merah yang masih segar. Terlebih dahulu buah tomat dicuci, setelah itu dihaluskan menggunakan blender, kemudian disaring buah tomat yang sudah dihaluskan agar dapat dihasilkan sari buahnya yang menjadi elektrolit.

3. Pembuatan Prototipe Bio-Baterai

Wadah yang dipakai pada percobaan ini yaitu akrilik dengan ukuran panjang 12 cm, lebar 5 cm dan tinggi 7 cm, terdapat 6 sel pada bio-baterai yang terdiri atas 3 pasang elektroda yaitu elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn yang dirangkai secara seri setelah itu dihubungkan dengan multimeter serta lampu LED. Di antara elektroda positif dan negatif terdapat separator yang terbuat dari sheet mika akrilik.



Gambar 3.2. Desain prototipe Bio-baterai

3.4.2 Tahap Pengambilan Data

Tahap pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sari buah tomat yang sudah menjadi elektrolit, masing-masing dituangkan ke dalam wadah akrilik dengan variasi volumenya 50, 100, 150, 200, dan 250 ml.
2. Selanjutnya, tiap-tiap pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn dicelupkan pada sampel lalu dijepit. Kemudian dilakukan pengukuran tegangan dan arus listrik keseluruhan sel dengan multimeter untuk setiap variasi elektroda.
3. Pengukuran kemampuan bio-baterai menyalakan lampu LED terhadap waktu.

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dengan pemberian beban berupa lampu LED pada sampel bio-baterai. Makin besar nilai tegangan listrik dari bio-baterai sehingga makin lama lampu dapat menyala. Penelitian ini dilakukan hingga lampu LED dalam kondisi mati. Sehingga bisa diketahui berapa lama lampu LED bisa menyala pada tiap-tiap pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn. Dari hasil dapat dilakukan analisis besar daya nyala lampu dan energinya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan didapat hasil pengukuran terhadap perlakuan larutan sari buah tomat dengan memvariasikan elektroda, antara lain Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn. Hasil pengukuran tersebut berupa nilai tegangan listrik, arus listrik, daya listrik, dan energi listrik.

4.1 Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al

Setelah pembuatan bio-baterai larutan sari buah tomat selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap nilai kelistrikannya. Adapun hasil pengukuran tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran tegangan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Al tanpa menggunakan LED merah

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)
50	1,64
100	2,10
150	2,17
200	2,20
250	2,68

Tabel 4.1 menerangkan data hasil pengukuran tegangan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Al tanpa menggunakan LED merah. Dari tabel dapat dilihat bahwa pada penelitian ini menggunakan 5 variasi volume yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Pada volume 50 ml memiliki nilai tegangan yang terkecil dan nilai tegangan terbesarnya yaitu pada volume 250 ml. Ini menunjukkan bahwa makin banyaknya larutan yang dipakai, maka nilai tegangan listrik yang didapatkan juga makin besar seperti yang terlihat pada tabel di atas.

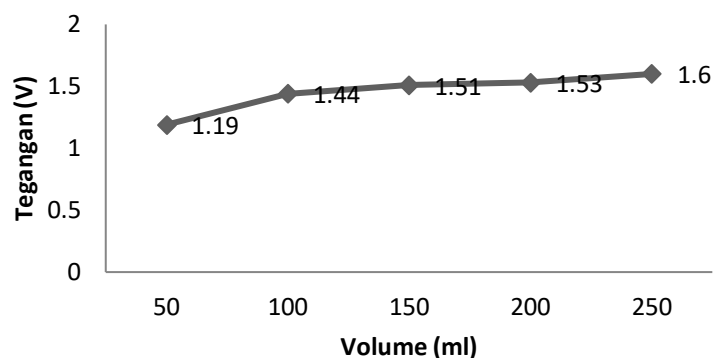
Selanjutnya dilakukan pengukuran kelistrikan larutan sari buah tomat yaitu tegangan, arus, daya, dan energi listrik menggunakan LED merah. Adapun hasil pengukuran tersebut disajikan dalam tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran kelistrikan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Al menggunakan LED Merah

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)	Waktu (sekon)	Energi Listrik (Joule)
50	1,19	0,01	0,01	600	0,006
100	1,44	0,04	0,05	600	0,030
150	1,51	0,06	0,09	600	0,054
200	1,53	0,08	0,12	600	0,072
250	1,55	0,10	0,16	600	0,096

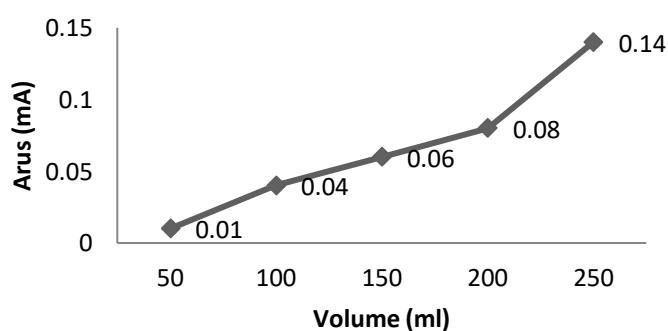
Tabel 4.2 menerangkan data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, dan energi listrik larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Al menggunakan LED merah. Dari tabel dapat dilihat bahwa pada larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Al memakai LED merah, nilai tegangannya lebih kecil atau mengalami penurunan dibandingkan tanpa menggunakan LED merah. Hal ini disebabkan LED sangat mempengaruhi nilai tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari buah tomat karena LED dianalogikan seperti beban. Jika bio-baterai diberikan beban LED maka tegangan saat penggunaan beban lebih rendah disebabkan ada yang menghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Spesifikasi LED merah berkisar antara 1,8-2,3V.

Berdasarkan tabel 4.2, hasil pengukuran terhadap tegangan, arus, dan daya listrik dari bio-baterai larutan sari buah tomat dapat disajikan dalam grafik berikut.



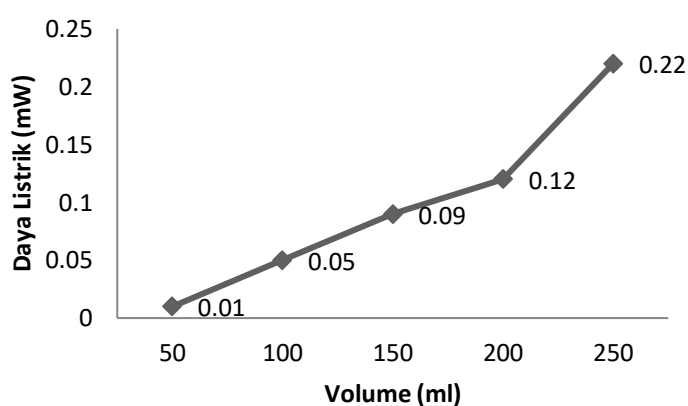
Gambar 4.1 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Tegangan Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Al

Gambar 4.1 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap tegangan listrik menggunakan elektroda Cu-Al. Dari grafik bisa diketahui bahwa makin besar volume maka nilai tegangan yang diukur akan makin bertambah besar juga. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan elektroda yang tercelupkan. Di mana besarnya volume pada larutan elektrolit, maka luas permukaan yang tercelupkan kedalam larutan sari buah tomat juga semakin besar. Sehingga elektrolit semakin mudah untuk mentransfer elektronnya.



Gambar 4.2 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Arus Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Al

Gambar 4.2 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap arus listrik menggunakan elektroda Cu-Al. Sama seperti tegangan, di mana terdapat hubungan yang ideal antara volume dengan arus listrik yang diperoleh ialah berbanding lurus, makin besar volume maka makin besar pula nilai arus listrik yang didapatkan dari larutan sari buah tomat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan arus listrik berbanding lurus, di mana pada saat nilai tegangan listriknya bertambah maka nilai arus listrik akan bertambah juga.



Gambar 4.3 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Segar Terhadap Daya Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Al

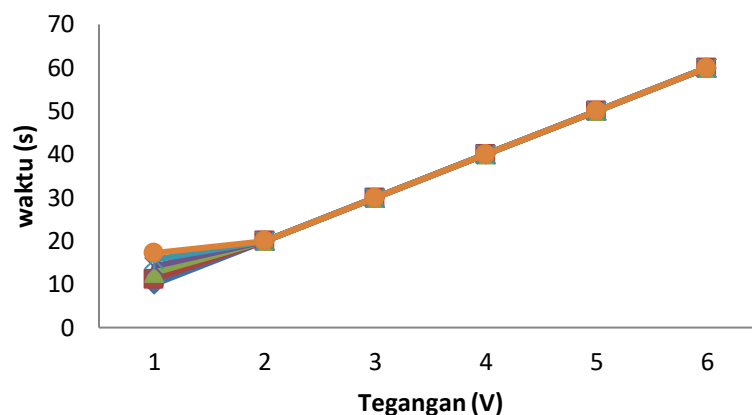
Gambar 4.3 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap daya listrik menggunakan elektroda Cu-Al. Terlihat dari grafik bahwa nilai daya listrik juga mengalami kenaikan dari volume 50 ml sampai 250 ml. Pada volume 50 ml didapatkan nilai daya listrik terkecil yaitu 0,01 mW dan nilai daya listrik terbesarnya yaitu 0,22 mW pada volume 250 ml. Nilai daya listrik didapatkan dari hasil perkalian nilai tegangan dan arus listrik.

Tabel 4.3 Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah
Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Tegangan Listrik (Volt)	1,19	0	0	0	0	0	50
	1,44	0	0	0	0	0	100
	1,51	0	0	0	0	0	150
	1,53	0	0	0	0	0	200
	1,55	0	0	0	0	0	250

Tabel di atas memperlihatkan penurunan nilai tegangan listrik yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari buah tomat saat diberi LED merah selama satu jam. Pada volume larutan 50 ml, tegangan listrik yang didapat pada saat 10 menit pertama yaitu 1,19 Volt, untuk volume 100 ml nilai tegangan yang didapat yaitu 1,44 Volt. Pada volume 150 ml nilai tegangan yang didapat yaitu 1,51 Volt, kemudian untuk volume 200 ml dan 250 ml, masing-masing didapat nilai tegangan yaitu 1,53 Volt dan 1,55 Volt. Pada waktu 20 hingga 60 menit setiap volume larutan sari buah tomat tidak mempunyai nilai tegangan listrik, dimana nilai tegangan yang didapat yaitu nol. Oleh karena itu, lampu hanya dapat menyala dalam waktu 10 menit.

Berdasarkan tabel 4.3 selama 1 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari buah tomat mengalami penurunan tegangan listrik yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.4 Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

Pada tabel 4.4, penurunan nilai arus listrik yang terjadi diamati dalam setiap 10 menit sekali pada tiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya ialah sebagai berikut:

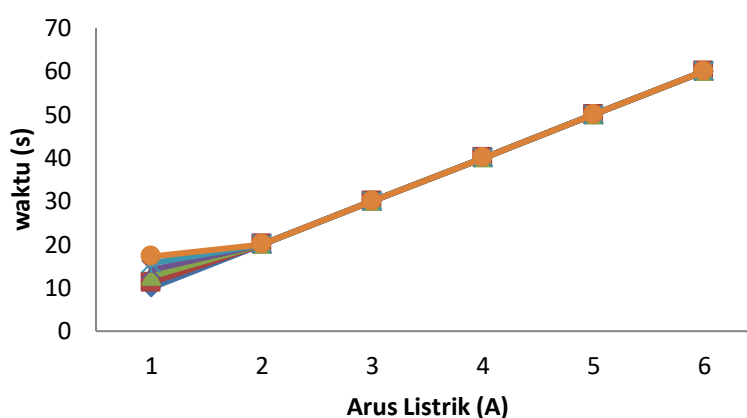
Tabel 4.4 Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Arus Listrik (mA)	0,01	0	0	0	0	0	50
	0,04	0	0	0	0	0	100
	0,06	0	0	0	0	0	150
	0,08	0	0	0	0	0	200
	0,10	0	0	0	0	0	250

Tabel di atas memperlihatkan penurunan arus listrik yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari buah tomat saat diberi LED merah selama 1 jam. Pada volume larutan 50 ml dan 100 ml, arus yang didapat pada 10 menit pertama masing-masing sebesar 0,01 mA dan 0,04 mA. Pada volume 150 ml nilai arus yang didapat 0,06 mA, kemudian untuk

volume 200 ml nilai arus yang didapat yaitu sebesar 0,08 mA dan untuk 250 ml, didapat nilai arus listriknya yaitu 0,10 mA. Pada waktu 20 hingga 60 menit setiap volume larutan sari buah tomat tidak mempunyai nilai arus, dimana nilai arus listriknya yaitu nol. Sehingga lampu hanya dapat menyala dalam waktu 10 menit.

Berdasarkan tabel 4.4 selama 1 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari buah tomat mengalami penurunan arus listrik yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.5 Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

Disaat Diberi LED Pada tiap daya listrik larutan sari buah tomat dengan pasangan elektroda Cu-Al tersebut sanggup menghidupkan lampu hanya dalam 10 menit. Menurunnya nilai suatu tegangan listrik, sehingga nilai arus listrik juga menurun, akibatnya nilai energi listrik yang diperoleh yaitu kecil. Biobaterai larutan sari buah tomat memakai elektroda tembaga serta aluminium. Sesudah reaksi berjalan, tembaga (Cu) alami pengurangan sebaliknya aluminium (Al) alami oksidasi. Penurunan tegangan serta arus berlangsung sebab terdapatnya penurunan ionisasi, yang berarti ion-ion pada larutan elektrolit telah tidak sanggup secara maksimum menghantarkan tegangan serta arus listrik.

4.2 Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe

Tabel 4.5 Hasil pengukuran tegangan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Fe tanpa menggunakan LED Merah

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)
50	1,69
100	2,16
150	2,25
200	2,41
250	2,94

Tabel 4.5 menerangkan data hasil pengukuran tegangan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Fe tanpa menggunakan LED merah. Dari tabel dapat dilihat bahwa pada penelitian ini menggunakan 5 variasi volume yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Pada volume 50 ml memiliki nilai tegangan terkecil dan nilai tegangan terbesar yaitu pada volume 250 ml. Ini memperlihatkan makin banyak larutan yang dipakai, maka tegangan yang dihasilkan juga akan makin besar seperti yang terlihat pada tabel di atas.

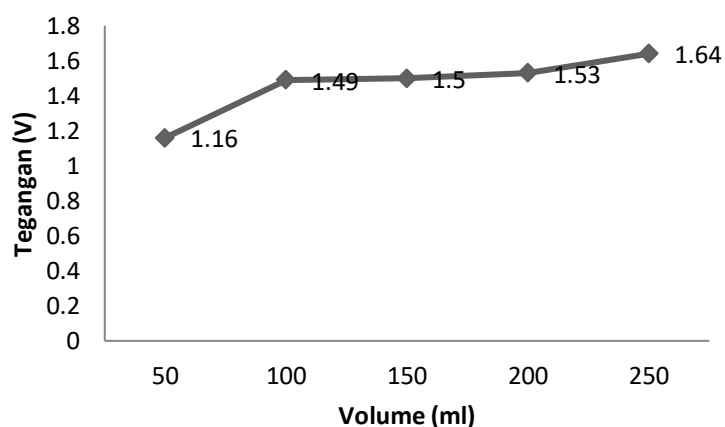
Selanjutnya dilakukan pengukuran kelistrikan larutan sari buah tomat yaitu tegangan, arus, daya dan energi listrik dengan memakai LED merah. Adapun hasil pengukuran tersebut disajikan dalam tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran kelistrikan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Fe menggunakan LED Merah

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)	Waktu (sekon)	Energi Listrik (Joule)
50	1,16	0,04	0,05	3600	0,18
100	1,49	0,04	0,06	3600	0,22
150	1,50	0,06	0,09	3600	0,32
200	1,53	0,06	0,09	3600	0,32
250	1,60	0,14	0,22	3600	0,79

Tabel 4.6 menerangkan data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, serta energi listrik larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Fe memakai LED merah. Dari tabel dapat dilihat bahwa pada larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Fe memakai LED merah, nilai tegangannya lebih kecil atau mengalami penurunan dibandingkan tanpa menggunakan LED merah. Hal ini disebabkan LED sangat mempengaruhi nilai tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari buah tomat karena LED dianalogikan seperti beban. Jika bio-baterai dikenakan beban LED maka nilai tegangan listrik ketika pemakaian beban lebih rendah diakibatkan karena ada yang menghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Spesifikasi LED merah berkisar antara 1,8-2,3V.

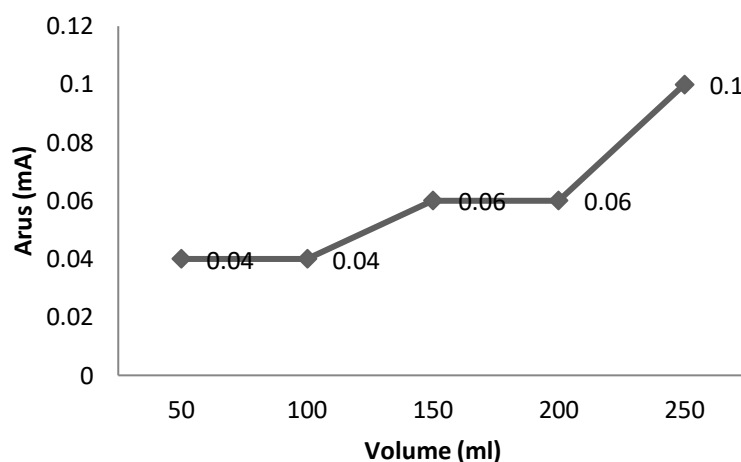
Berdasarkan tabel 4.6, hasil pengukuran terhadap tegangan, arus dan daya listrik dari bio-baterai larutan sari tomat dapat disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4.6 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Tegangan Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Fe

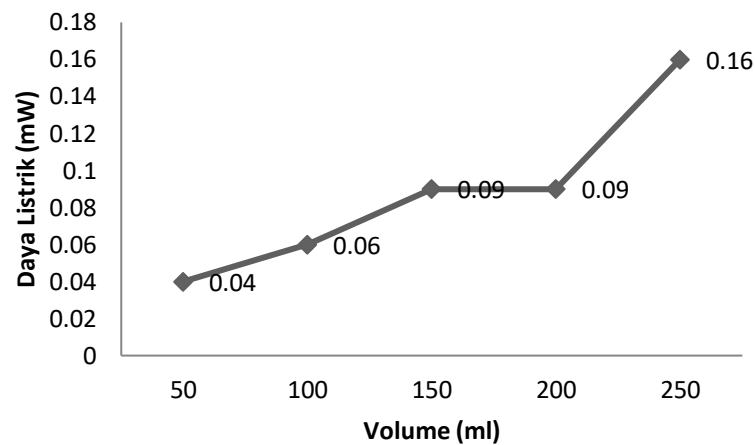
Gambar 4.6 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap tegangan listrik menggunakan elektroda Cu-Fe. Dari grafik dapat dilihat bahwa makin besar

volume maka tegangan yang diukur akan makin besar juga. Besarnya tegangan listrik yang didapatkan dikarenakan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan elektroda yang tercelupkan. Di mana besarnya volume pada larutan elektrolit, maka luas permukaan yang tercelupkan kedalam larutan sari tomat juga semakin besar. Sehingga elektrolit semakin mudah untuk mentransfer elektronnya.



Gambar 4.7 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Arus Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Fe

Gambar 4.7 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap arus listrik menggunakan elektroda Cu-Fe. Sama seperti pada tegangan, di mana terdapat hubungan yang ideal antara volume serta arus listrik yang didapatkan yaitu berbanding lurus, makin besar volume maka makin besar pula nilai arus listrik yang didapatkan dari larutan sari buah tomat tersebut. Ini menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan arus listrik berbanding lurus, di mana akan terjadinya peningkatan nilai arus listrik seiring dengan meningkatnya nilai tegangan listrik.



Gambar 4.8 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Daya Listrik menggunakan elektroda Cu-Fe

Gambar 4.8 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap daya listrik menggunakan elektroda Cu-Fe. Terlihat dari grafik bahwa nilai daya listrik juga terjadi peningkatan dari volume 50 ml sampai 250 ml. Pada volume 50 ml didapatkan nilai daya listrik terkecil sebesar 0,01 mW dan nilai daya listrik terbesarnya sebesar 0,22 mW pada volume 250 ml. Nilai daya listrik didapatkan dari hasil perkalian nilai tegangan listrik dengan nilai arus listrik

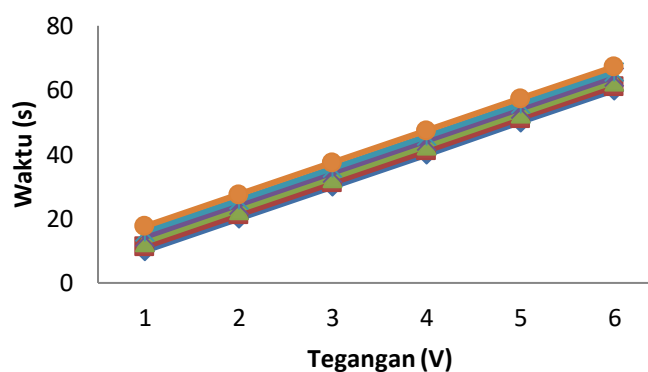
Setelah didapat nilai tegangan, arus, dan daya listrik dari sampel biobaterai larutan sari buah tomat yang diukur memakai multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.7 adalah penurunan tegangan yang terjadi ketika penyalaan lampu LED merah selama 1 jam, penurunan tegangan yang terjadi diamati setiap 10 menit sekali pada tiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Tegangan Listrik (Volt)	1,24	1,22	1,20	1,19	1,17	1,16	50
	1,54	1,53	1,52	1,51	1,50	1,49	100
	1,55	1,54	1,53	1,52	1,51	1,50	150
	1,61	1,56	1,55	1,54	1,54	1,53	200
	1,67	1,65	1,65	1,65	1,64	1,60	250

Tabel di atas memperlihatkan penurunan nilai tegangan listrik yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari buah tomat saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan tegangan terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah (1,24; 1,22; 1,20; 1,19; 1,17; 1,16) Volt. Adapun nilai penurunan tegangan terbesar pada volume larutan 250 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah (1,67; 1,65; 1,65; 1,65; 1,64; 1,60) Volt.

Berdasarkan tabel 4.7 biobaterai larutan sari buah tomat mengalami penurunan tegangan yang diamati dalam 10 menit sekali selama 1 jam. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.9 Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED

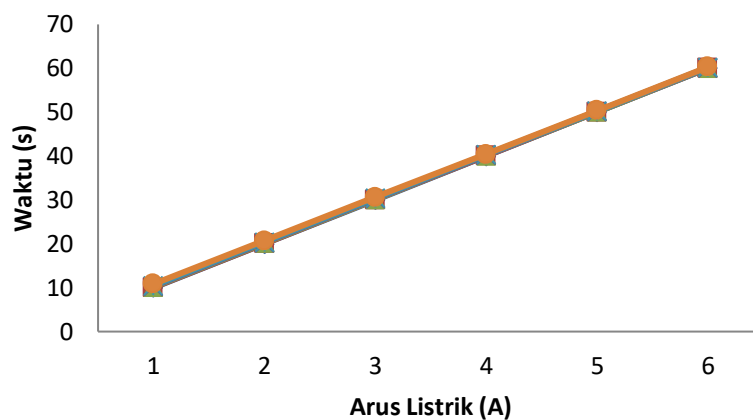
Pada tabel 4.8, penurunan arus listrik yang terjadi diamati dalam 10 menit sekali selama 1 jam pada setiap variasi volume serta elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Arus Listrik (mA)	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	50
	0,12	0,11	0,10	0,06	0,05	0,04	100
	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,06	150
	0,16	0,15	0,12	0,08	0,07	0,06	200
	0,36	0,24	0,23	0,14	0,11	0,14	250

Tabel di atas memperlihatkan penurunan nilai arus listrik yang didapat pada sampel biobaterai larutan sari buah tomat saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan arus terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah (0,07; 0,06; 0,05; 0,05; 0,04; 0,04) mA. Adapun nilai penurunan arus terbesar pada volume larutan 250 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah (0,36; 0,24; 0,23; 0,14; 0,11; 0,14) mA.

Berdasarkan tabel 4.8 biobaterai larutan sari buah tomat mengalami penurunan arus listrik yang diamati dalam 10 menit sekali selama selang waktu 1 jam. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.10 Grafik Penurunan Arus Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED

Pada setiap volume larutan sari buah tomat sanggup menghidupkan lampu selama 1 jam. Larutan sari buah tomat dengan variasi penambahan volume dan elektroda memperlihatkan peningkatan terhadap nilai tegangan dan arus listrik.. Setelah reaksi berlangsung, tembaga (Cu) terjadi reaksi reduksi sementara besi (Fe) terjadi reaksi oksidasi. Penurunan tegangan dan arus terjadi dikarenakan adanya penurunan ionisasi, artinya ion-ion pada larutan elektrolit sudah tidak sanggup secara maksimal mengantarkan tegangan dan arus listrik.

4.3 Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn

Tabel 4.9 Hasil pengukuran tegangan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Zn tanpa menggunakan LED Merah

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)
50	2,30
100	2,52
150	3,44
200	3,70
250	3,78

Tabel 4.9 menerangkan data hasil pengukuran tegangan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Zn sebelum memakai LED merah. Dari tabel bisa dilihat bahwa pada penelitian ini memakai 5 variasi volume yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Pada volume 50 ml memiliki nilai tegangan terkecil dan nilai tegangan terbesar yaitu pada volume 250 ml. Ini memperlihatkan bahwa makin banyak larutan yang dipakai, maka dari itu, tegangan listrik yang didapatkanpun akan makin besar seperti yang terlihat pada tabel diatas.

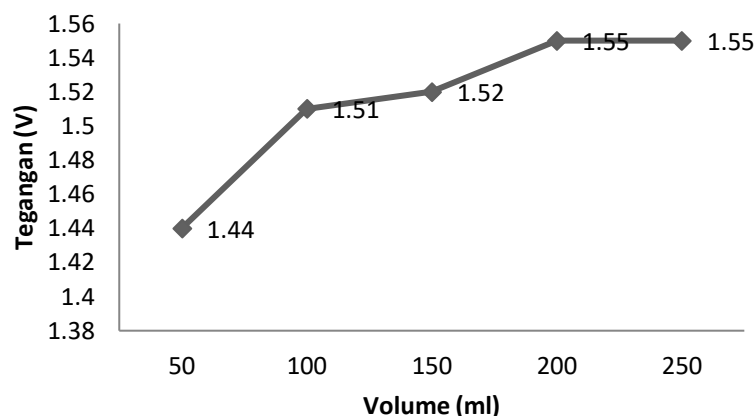
Selanjutnya dilakukan pengukuran kelistrikan larutan sari buah tomat yaitu tegangan, arus, daya, dan energi listrik menggunakan LED merah. Adapun hasil pengukuran tersebut disajikan dalam tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.10 Hasil pengukuran kelistrikan larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Zn menggunakan LED Merah

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)	Waktu (sekon)	Energi Listrik (Joule)
50	1,44	0,01	0,01	3600	0,04
100	1,51	0,04	0,06	3600	0,22
150	1,52	0,06	0,09	3600	0,32
200	1,55	0,12	0,19	3600	0,65
250	1,64	0,16	0,27	3600	0,94

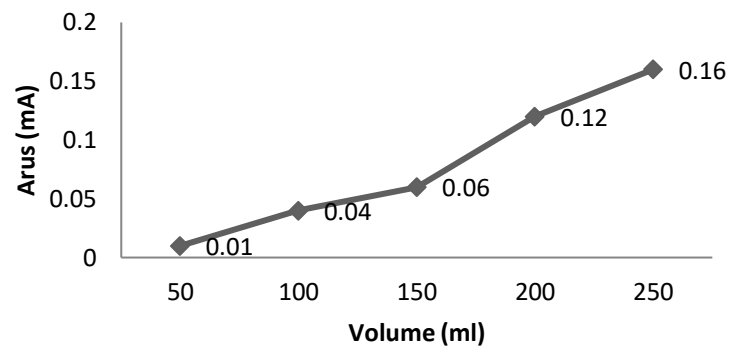
Tabel 4.10 menerangkan data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, dan energi listrik larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Zn memakai LED merah. Dari tabel bisa dilihat pada larutan sari buah tomat dengan elektroda Cu-Zn memakai LED merah, nilai tegangannya lebih kecil atau mengalami penurunan dibandingkan tanpa menggunakan LED merah. Hal ini disebabkan LED sangat mempengaruhi nilai tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat karena LED dianalogikan seperti beban. Jika bio-baterai dikenakan beban LED maka tegangan listrik ketika pemakaian beban akan terjadi penurunan dibandingkan sebelum dikenakan beban LED, dikarenakan adanya penghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Spesifikasi LED merah berkisar antara 1,8-2,3V.

Berdasarkan tabel 4.10, hasil pengukuran terhadap tegangan, arus dan daya listrik dari bio-baterai larutan sari buah tomat dapat disajikan dalam grafik berikut.



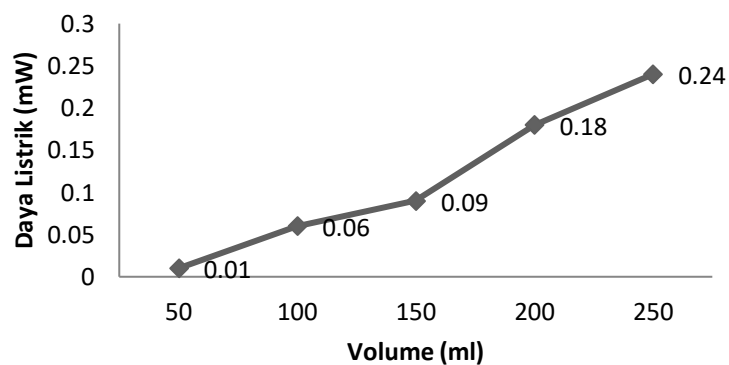
Gambar 4.11 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Tegangan Menggunakan Elektroda Cu-Zn

Gambar 4.11 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap tegangan listrik menggunakan elektroda Cu-Zn. Dari grafik bisa diketahui bahwa makin besarnya volume larutan maka tegangan yang diukurpun akan makin besar. Besarnya tegangan listrik yang didapatkan dikarenakan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan elektroda yang tercelupkan. Di mana besarnya volume pada larutan elektrolit, maka luas permukaan yang tercelupkan kedalam larutan sari tomat juga semakin besar. Sehingga elektrolit semakin mudah untuk mentransfer elektronnya.



Gambar 4.12 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Arus Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Zn

Gambar 4.12 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap arus listrik menggunakan elektroda Cu-Zn. Sama seperti pada tegangan, di mana terdapat hubungan yang ideal antara volume dan arus listrik yang didapatkan yaitu berbanding lurus, makin besar volume maka akan makin besar pula nilai arus listrik yang didapatkan dari larutan sari buah tomat tersebut. Ini menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan arus listrik berbanding lurus, di mana akan terjadinya peningkatan nilai arus listrik seiring dengan meningkatnya nilai tegangan listrik.



Gambar 4.13 Grafik Variasi Volume Larutan Sari Buah Tomat Terhadap Daya Listrik Menggunakan Elektroda Cu-Zn

Gambar 4.13 menunjukkan grafik variasi volume larutan sari buah tomat terhadap daya listrik memakai elektroda Cu-Zn. Terlihat pada grafik diatas bahwa nilai daya listrik juga terjadi peningkatan dari volume 50 ml hingga 250 ml. Pada volume 50 ml didapatkan nilai daya listrik terkecil ialah sebesar 0,01 mW dan nilai daya listrik terbesarnya ialah sebesar 0,22 mW pada volume 250 ml. Nilai daya listrik didapatkan dari hasil perkalian nilai tegangan listrik dengan nilai arus listriknya.

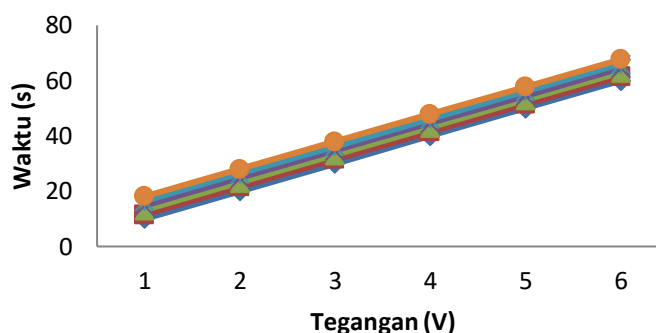
Setelah didapatkan nilai tegangan, arus, dan daya listrik dari sampel biobaterai larutan sari buah tomat yang diukur memakai multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.11 adalah nilai penurunan tegangan listrik yang didapatkan ketika dinyalakan lampu LED merah selama 1 jam, penurunan tegangan yang terjadi diamati dalam 10 menit sekali selama sejam pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Penurunan Tegangan Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Tegangan Listrik (Volt)	1,58	1,56	1,55	1,54	1,44	1,44	50
	1,61	1,57	1,56	1,55	1,54	1,51	100
	1,61	1,60	1,56	1,55	1,55	1,52	150
	1,62	1,61	1,59	1,58	1,57	1,55	200
	1,68	1,67	1,66	1,65	1,62	1,64	250

Tabel di atas memperlihatkan nilai penurunan tegangan listrik yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari buah tomat saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan tegangan listrik terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah sebesar (1,58; 1,56; 1,55; 1,54; 1,44; 1,44) Volt. Adapun nilai penurunan tegangan terbesar pada volume larutan 250 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah sebesar (1,68; 1,67; 1,66; 1,65; 1,62; 1,64) Volt.

Berdasarkan tabel 4.11 biobaterai larutan sari buah tomat mengalami penurunan tegangan yang diamati dalam 10 menit sekali selama se-jam. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.14 Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED

Pada tabel 4.12, penurunan arus listrik yang terjadi diamati dalam 10 menit sekali selama se-jam pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya ialah sebagai berikut:

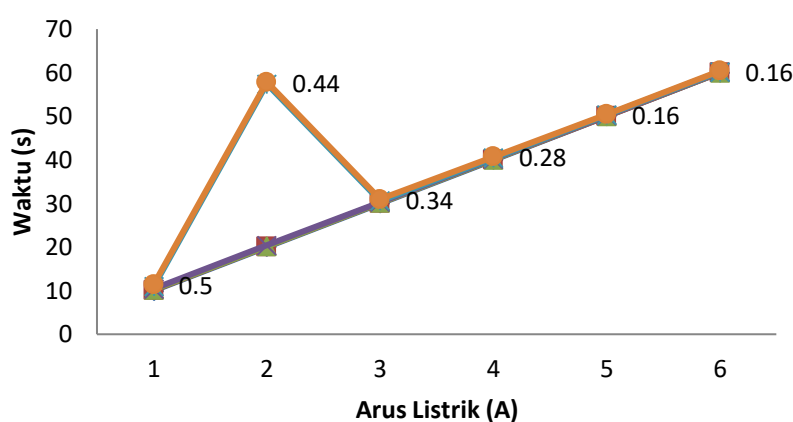
Tabel 4.12 Penurunan Arus Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Arus Listrik (mA)	0,12	0,11	0,09	0,05	0,01	0,01	50
	0,09	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	100
	0,21	0,20	0,16	0,12	0,10	0,06	150
	0,47	0,37	0,29	0,22	0,15	0,12	200
	0,50	0,44	0,34	0,28	0,16	0,16	250

Tabel di atas memperlihatkan penurunan arus yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari buah tomat saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan arus listrik terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang didapat dalam 10 menit sekali

selama 1 jam ialah (0,12; 0,11; 0,09; 0,05; 0,01; 0,01) mA. Ada juga nilai penurunan arus listrik terbesar pada volume larutan 250 ml yang didapat dalam 10 menit sekali selama 1 jam ialah (0,50; 0,44; 0,34; 0,28; 0,16; 0,16) mA.

Berdasarkan tabel 4.12 biobaterai larutan sari buah tomat mengalami penurunan nilai arus listrik yang diamati dalam 10 menit sekali selama 1 jam. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.15 Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Buah Tomat Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED

Pada tiap volume larutan sari buah tomat sanggup menghidupkan lampu selama 1 jam. Berdasarkan grafik, nilai arus dan tegangan yang didapat ialah stabil. Larutan sari buah tomat dengan variasi penambahan volume dan elektroda memperlihatkan adanya peningkatan terhadap nilai tegangan dan arus listrik. Setelah reaksi berlangsung, tembaga (Cu) terjadi reaksi reduksi sementara seng (Zn) terjadi reaksi oksidasi. Penurunan tegangan dan arus terjadi dikarenakan adanya penurunan ionisasi, artinya ion-ion pada larutan elektrolit sudah tidak sanggup secara maksimal menghantarkan tegangan dan arus listrik.

4.2 Pembahasan Penelitian

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dalam pembuatan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat dengan memvariasikan elektroda, antara lain Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn, maka yang terbaik adalah bio-baterai sari buah tomat menggunakan elektroda Cu-Zn.

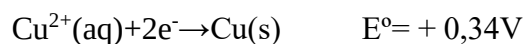
Berdasarkan reaksi kimia untuk ketiga pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn, maka yang terjadi yaitu.

Elektroda aluminium dan tembaga dihubungkan, maka elektron mengalir dari aluminium ke tembaga. Pada anoda, logam Al melepaskan elektron dan menjadi Al^{3+} yang larut.

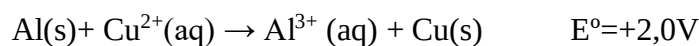
Oksidasi pada elektroda aluminium



Reduksi pada elektroda tembaga



Jumlah kedua setengah reaksi di atas adalah



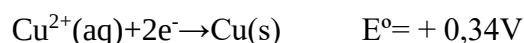
Elektroda besi dan tembaga dihubungkan, maka elektron mengalir dari besi ke tembaga.

Pada anoda, logam Fe melepaskan elektron dan menjadi Fe^{2+} yang larut.

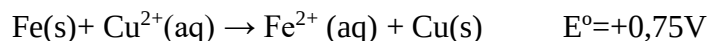
Oksidasi pada elektroda besi



Reduksi pada elektroda tembaga



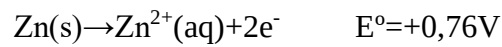
Jumlah kedua setengah reaksi di atas adalah



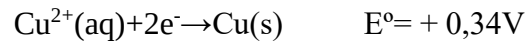
Elektroda seng dan tembaga dihubungkan, maka elektron mengalir dari seng ke tembaga.

Pada anoda, logam Zn melepaskan elektron dan menjadi Zn^{2+} yang larut.

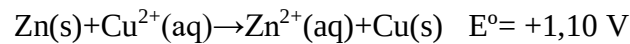
Oksidasi pada elektroda seng



Reduksi pada elektroda tembaga



Jumlah kedua setengah reaksi di atas adalah



Pada pasangan elektroda Cu-Zn dihasilkan tegangan dan arus yang lebih besar dibandingkan dengan pasangan elektroda Cu-Al dan Cu-Fe. 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) (Jauharah, 2013). Hal ini dikarenakan berdasarkan pada urutan deret Volta yaitu: Zn, Ni, Sn, Ca, Li, Bs, Ns, K, Mg, Fe, Mn, Pb, Al (H), Hg, Au, Cu, Ag, Pt. Deretan logam-logam tersebut di mana semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron) dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat (semakin mudah mengalami oksidasi). Sebaliknya semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin kurang reaktif (semakin sulit melepas elektron) dan logam merupakan oksidator yang lebih kuat (semakin mudah mengalami reduksi).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1 Variasi elektroda sangat berpengaruh terhadap kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat, dikarenakan reaksi yang terjadi antara unsur penyusun pasangan logam sebagai elektroda dengan larutan sari buah tomat sebagai elektrolit. Di mana elektroda Zn memiliki kedudukan yang paling kiri pada deret Volta. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron) dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat (semakin mudah mengalami oksidasi). Sehingga tegangan dan arus listrik tertinggi dimiliki oleh bio-baterai dengan menggunakan elektroda Cu-Zn dibandingkan dengan menggunakan elektroda Cu-Al dan Cu-Fe.
2. Hubungan antara variasi elektroda dan variasi volume terhadap kelistrikan bio-baterai berbahan dasar sari buah tomat yaitu besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan masing-masing elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn yang tercelupkan. Semakin besar volume larutan elektrolit, maka luas permukaan yang tercelupkan ke dalam larutan sari buah tomat juga semakin besar.
3. Bio-baterai yang mampu menyalakan lampu LED lebih lama saat diaplikasikan yaitu dihasilkan oleh bio-baterai dengan menggunakan elektroda Cu-Zn dan Cu-Fe dengan lama waktu Nyala LED 1 jam, berbeda dengan pasangan elektroda Cu-Al hanya bisa menyalakan lampu selama 10 menit.

4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diusulkan adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya menggunakan buah tomat yang memiliki pH yang lebih kecil agar memperoleh nilai kelistrikan yang lebih besar.
2. Selanjutnya dilakukan penelitian bio-baterai lebih lanjut pada suhu dan kelembaban ruangan yang sama.
3. Selanjutnya dilakukan penelitian bio-baterai lebih lanjut dengan memperbanyak jumlah sel untuk menghasilkan nilai kelistrikan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga dkk. 2004. *Profil Komoditas Kubis*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Departemen Pertanian. 75 hal.
- Aisyah Noor Imamah (2013). *Efek Variasi Bahan Elektroda serta Variasi Jarak Antar Elektroda Terhadap Kelistrikan yang Dihasilkan oleh Limbah Buah Jeruk (Citrus sp.)*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Anas Suyuti (2018). *Pengaruh Konsentrasi CMC dan Lama Pemanasan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia (Likopen) Sari Buah Tomat*. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian “AGRIKA” Fakultas Pertanian Universitas Widyagama Malang.
- Anderson, dkk. (2010). *Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Asesmen* (Revisi Taksonomi Pendidikan Bloom). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Atina. (2015). *Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah*. Jurnal MIPA Universitas PGRI Palembang.
- Asmarani, Suci. (2017). *Analisis Jeruk Dan Kulit Jeruk Sebagai Larutan Elektrolit Terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Skripsi. Lampung: Universitas lampung.
- Astuti dkk. 2016. *Analisis Kandungan Logam Berat Pb Pada Tiram Crassostrea cucullata Di Pesisir Kreung Raya, Aceh Besar*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsiyah. Vol. 1 No. 1
- Bakshi. (2009). *Electromagnetic Teory*. Technical Publications. First Edition.
- Berisia, Novia. (2017). *Korelasi Pengukuran Kadar Asam, Gula Dan Ph Pada Buah Belimbing, Jeruk, Dan Tomat Dengan Menilai Kapasitansi Elektrik*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Daniel. J. S and Charlotte. M. . *Lemon Cells Revisited – The Lemon – Powered Calculator*, Department of Chemistry, Tennessee Technological University, Journal of Chemical Education.

- Devi Yulianti. (2016). *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Skripsi. Program Studi Fisika, Universitas Lampung, Lampung.
- Fadilah Syifa, dkk (2015). *Pembuatan Biomaterial Dari Limbah Kulit Pisang (Musa paradisiaca)*. Jurnal. Bandung. ISBN: 978-602-19655-8-0
- Nurmasyitah (2019). *Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Jeruk dan Tomat Sebagai Solusi Energi Alternatif*. Jurnal FKIP Universitas Samudra.
- Rajic, dkk. (2012) *Electrokinetic Treatment of Cu Contaminated Kaolin Using an Fe/Cu Galvanic Cell*. International Journal of Electrochemical Science Vol. 7
- Resti Fadilla (2017). *Pemanfaatan Dau Pepaya Sebagai Pengganti Pasta Baterai Kering dan Aplikasinya Pada Praktikum Sel Elektrokimia di SMA Negeri 5 Pekanbaru*. UIN Suska Riau.
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Santi, Triana Kartika. 2006. *Pengaruh Pemberian Pupuk Kompos Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (Lycopersicum esculentum Mill)*. Jurnal Ilmiah Progresif Vol. 3 No. 9.
- Silberberg, M. S., P. Amateis, S. Lavieri, and R. Venkateswaran. 2000. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. St. Louis, Missouri, USA: Mosby. Pp. 1062
- Sodikin dkk. 2013. *Representasi Makroskopik Submikroskopik dan Prinsip Kerja Sel Elektrokimia*. Jurnal Universitas Negeri Malang Vol. 2 No. 1.
- Srinivasan, R. 2010. *Teknik Produksi Tomat Ramah Lingkungan*. Taiwan: AVRDC Publication.
- Sumanzaya Tri. (2019). *Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Sebagai Pasta Bio-Baterai*. Skripsi. FMIPA Universitas Lampung.
- Thompson, R.A. (2006). *Emotion Regulation: Coceptual foundation*. New York: Guilford Press.
- Wasonowati. 2011. *Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat. (Lycopersicum escelentum) dengan sistem budaya hidroponik*. Jurnal Agrovigor.

- Widiawati dkk. 2008. *Efek Toksim Logam Pencegahan Dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Wijayanti. 2013. *Char Formation and Gas Products of Woody Biomass Pyrolysis*. Journal Energy Procedia Vol. 32
- Wijayanti dkk. 2013. *Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil bahan Bakar Alternatif*. Jurnal Universitas Brawijaya Vol.4 No.2
- William L. Masterton. 2009. *Chemistry Principles and Reactions*. California : Brooks/ Cole Cengage Learning.
- Wira Dian Jauharah (2013). *Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-baterai*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Wiryanta, BTW. 2002. *Bertanam Tomat*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Zikria. R. 2014. *Outlook Komoditi Tomat*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementrian Pertanian. Jakarta.

LAMPIRAN 1

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

1. Analisis dan Perhitungan Daya Listrik

1.1. Dengan elektroda Cu-Al

- Volume 50 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,19 \text{ V}) (0,01 \text{ mA})$
 $P = 0,01 \text{ mW}$
- Volume 100 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,44 \text{ V}) (0,04 \text{ mA})$
 $P = 0,05 \text{ mW}$
- Volume 150 ml
 $P = V.I$
- Volume 200 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,53 \text{ V}) (0,08 \text{ mA})$
 $P = 0,12 \text{ mW}$
- Volume 250 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,55 \text{ V}) (0,10 \text{ mA})$
 $P = 0,16 \text{ mW}$

1.2. Dengan elektroda Cu-Fe

- Volume 50 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,16 \text{ V}) (0,04 \text{ mA})$
 $P = 0,05 \text{ mW}$
- Volume 100 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,49 \text{ V}) (0,04 \text{ mA})$
 $P = 0,06 \text{ mW}$
- Volume 150 ml
 $P = V.I$
- Volume 200 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,53 \text{ V}) (0,06 \text{ mA})$
 $P = 0,09 \text{ mW}$
- Volume 250 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,60 \text{ V}) (0,14 \text{ mA})$
 $P = 0,22 \text{ mW}$

1.3. Dengan elektroda Cu-Zn

- Volume 50 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,44 \text{ V}) (0,01 \text{ mA})$
 $P = 0,01 \text{ mW}$
- Volume 100 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,51 \text{ V}) (0,04 \text{ mA})$
 $P = 0,06 \text{ mW}$
- Volume 150 ml
 $P = V.I$
- Volume 200 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,55 \text{ V}) (0,12 \text{ mA})$
 $P = 0,19 \text{ mW}$
- Volume 250 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,64 \text{ V}) (0,16 \text{ mA})$
 $P = 0,27 \text{ mW}$

2. Analisis dan Perhitungan Energi Listrik

2.1 Dengan elektroda Cu-Al

- Volume 50 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,01 \text{ mW}) (600 \text{ s})$
 $W = 6 \text{ mJ} = 0,006 \text{ J}$
- Volume 100 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,06 \text{ mW}) (600 \text{ s})$
 $W = 36 \text{ mJ} = 0,0036 \text{ J}$
- Volume 150 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,09 \text{ mW}) (600 \text{ s})$
 $W = 54 \text{ mJ} = 0,054 \text{ J}$
- Volume 200 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,12 \text{ mW}) (600 \text{ s})$
 $W = 72 \text{ mJ} = 0,072 \text{ J}$
- Volume 250 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,16 \text{ mW}) (600 \text{ s})$
 $W = 96 \text{ mJ} = 0,096 \text{ J}$

2.2 Dengan elektroda Cu-Fe.

- Volume 50 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,05 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 180 \text{ mJ} = 0,18 \text{ J}$
- Volume 100 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,06 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 220 \text{ mJ} = 0,22 \text{ J}$
- Volume 150 ml
 $W = P.t$
- Volume 200 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,09 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 320 \text{ mJ} = 0,32 \text{ J}$
- Volume 250 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,22 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 790 \text{ mJ} = 0,79 \text{ J}$

2.3 Dengan elektroda Cu-Zn.

- Volume 50 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,01 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 36 \text{ mJ} = 0,04 \text{ J}$
- Volume 100 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,06 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 220 \text{ mJ} = 0,22 \text{ J}$
- Volume 150 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,09 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 320 \text{ mJ} = 0,32 \text{ J}$
- Volume 200 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,19 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 650 \text{ mJ} = 0,65 \text{ J}$
- Volume 250 ml
 $W = P.t$
 $W = (0,27 \text{ mW}) (3600 \text{ s})$
 $W = 940 \text{ mJ} = 0,94 \text{ J}$

LAMPIRAN 2

ALAT DAN BAHAN



Multimeter digital



Gelas Ukur



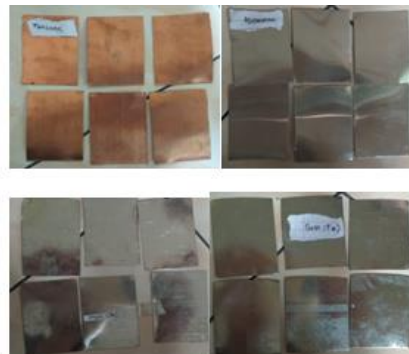
Kabel dan Penjepit Buaya



Lampu LED



Wadah Akrilik



Elektroda: Tembaga, Aluminium, Besi dan Seng



Gelas Ukur Plastik



Pisau



Gunting



Tomat

LAMPIRAN 3

PROSEDUR PENELITIAN

3.1 Proses Pembuatan Larutan Elektrolit Sari Buah Tomat

 1. Tomat yang sudah dicuci, dipotong, kemudian dihaluskan	 Hingga menjadi larutan sari buah tomat
--	--

3.2 Rangkaian Alat dan Bahan

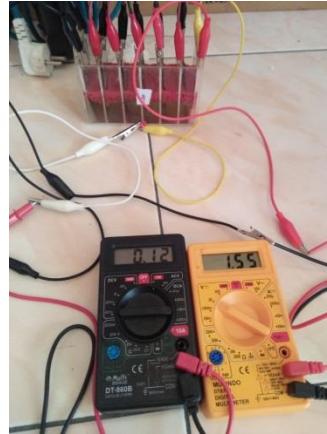
 Rangkaian Alat dan Bahan	 Proses Elektrolisis
---	---

LAMPIRAN 4

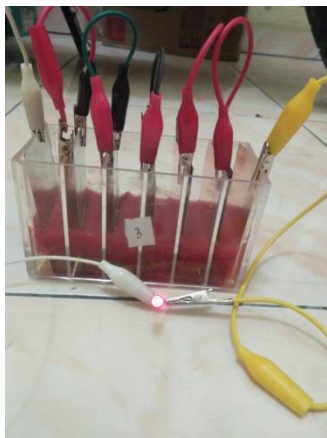
HASIL PENGUKURAN



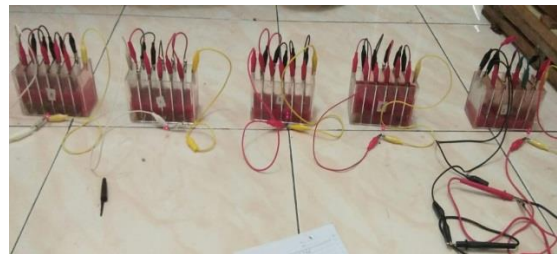
Pengukuran tegangan listrik tanpa LED biobaterai larutan sari buah tomat



Pengukuran tegangan dan arus menggunakan LED merah biobaterai larutan sari buah tomat



Kemampuan biobaterai menyalakan LED merah



Kemampuan biobaterai menyalakan LED merah

RIWAYAT HIDUP



Aida Febriana Tanjung adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 7 Februari 1999, di Binjai, Kec. Binjai Kota, Kota Binjai. Penulis merupakan anak ke 1 dari 3 bersaudara, dari pasangan Syahbana Tanjung dan Nursahara Nasution. Penulis pertama kali masuk di SD Negeri 054875 Sei Limbat pada tahun 2004 dan tamat 2010 pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 1 Selesai dan tamat pada tahun 2013. Setelah tamat di SMP, penulis melanjutkan ke SMA

Negeri 1 Selesai dan tamat pada tahun 2016. Dan pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika dan tamat pada tahun 2021.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kelistrikan Bio-baterai Berbahan Dasar Sari Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*)”**.