

**ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA DENGAN
MEMANFAATKAN BUAH TOMAT SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF BIO-BATERAI**

SKRIPSI

**NADJARA YOLANDA
0705163047**



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

**ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA DENGAN
MEMANFAATKAN BUAH TOMAT SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF BIO-BATERAI**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Sains (S.Si.)

NADJARA YOLANDA

0705163047



**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	: Nadjara Yolanda
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705163047
Program Studi	: Fisika
Judul	: Analisis Kelistrikan Sel Volta Dengan Memanfaatkan Buah Tomat Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai

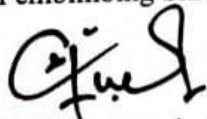
dapat disetujui untuk segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 03 September 2021 M
25 Muharam 1443 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 : Nadjara Yolanda
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163047
Program Studi : Fisika
Judul : Analisis Kelistrikan Sel Volta
Dengan Memanfaatkan Buah Tomat
Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai

menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil buatan saya sendiri, kecuali sebagian kutipan serta rangkuman yang masing-masing disebutkan sumbernya. Bila di kemudian hari ditemui jiplakan dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pembatalan gelar akademik yang saya dapat dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 03 September 2021



Nadjara Yolanda
NIM. 0705163047

**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.185/ST/ST.V.2/PP.01.1/11/2021

Judul : Analisis Kelistrikan Sel Volta Dengan Memanfaatkan Buah Tomat Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai

Nama : Nadjara Yolanda

Nomor Induk Mahasiswa : 0705163047

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 : Jum'at, 03 September 2021

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

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

Dewan Penguji,

Penguji I,

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

~~Penguji III,~~

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

Pengaji II,

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

Penguji IV,

Ratni Sirait, M.Pd
NIB. 1100000071

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UN Sumatra Utara Medan

Ind. Vannan, M.A.
NIT - 196609051991031002



ANALISIS KELISTRIKAN SEL VOLTA DENGAN MEMANFAATKAN BUAH TOMAT SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF BIO-BATERAI

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian analisis kelistrikan sel volta dengan memanfaatkan buah tomat sebagai energi alternatif bio-baterai. Tujuan dari penelitian ini (i) Untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi larutan sari buah tomat merah terhadap kelistrikan bio-baterai saat menggunakan LED, (ii) Untuk mengetahui pengaruh penambahan volume larutan sari buah tomat merah segar dan sari buah tomat merah fermentasi terhadap kelistrikan bio-baterai, (iii) Untuk mengetahui kemampuan setiap sampel bio-baterai sari buah tomat merah dalam penyalaan lampu LED merah selama 3 jam. Sampel yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan sari tomat merah dalam keadaan segar dan sari tomat merah dalam keadaan fermentasi. Lama waktu fermentasi pada penelitian ini adalah 48, 96, 144, dan 192 jam. Variasi volume larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 ml, 150 ml, 200 ml, dan 250 ml. Tingkat keasaman larutan sari tomat merah segar dan fermentasi diukur dengan pH meter. Elektroda yang digunakan yaitu tembaga (Cu) sebagai katoda dan seng (Zn) sebagai anoda, dengan ketebalan yang sama yaitu 0,2 mm dan ukuran $4,5 \times 7$ cm. Penelitian dilakukan pada suhu dan kelembaban ruangan yang sama. Sifat kelistrikan yang akan diteliti adalah nilai tegangan, arus dan daya listrik. Nilai tegangan listrik maksimum terdapat pada waktu fermentasi 48 jam, yaitu 2,01 Volt dan tegangan listrik minimum pada waktu fermentasi 144 jam, yaitu 1,69 Volt. Nilai arus dan daya listrik maksimum terdapat pada waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,49 mA dengan daya listrik 0,98 mw. Serta nilai arus dan daya listrik minimum pada waktu fermentasi 96 jam sebesar 0,11 mA dengan daya 0,19 mW. Semakin banyak volume yang digunakan maka semakin tinggi nilai arus, tegangan dan daya listrik nya. Kemampuan setiap sampel bio-baterai sari tomat merah dalam penyalaan lampu LED merah selama 3 jam mengalami penurunan tegangan, arus dan daya listrik.

Kata-Kata kunci: Arus, bio-baterai, sari tomat merah, dan tegangan.

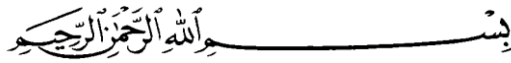
ELECTRICITY ANALYSIS OF VOLTA CELLS BY USING TOMATOES AS BIO-BATTERY ALTERNATIVE ENERGY

ABSTRACT

Electrical analysis research of voltaic cells has been carried out by utilizing tomatoes as an alternative energy for bio-battery. The purpose of this study (i) to determine the effect of the fermentation time of red tomato juice solution on the electricity of the bio-battery when using LEDs, (ii) to determine the effect of increasing the volume of the solution of fresh red tomato juice and fermented red tomato juice on the bio-electricity. battery, (iii) To determine the ability of each sample of red tomato juice bio-battery under red LED light for 3 hours. The sample used as an electrolyte is a solution of red tomato juice in a fresh state and red tomato juice in a fermented state. The fermentation time in this study was 48, 96, 144, and 192 hours. Variations in the volume of the solution used in this study were 100 ml, 150 ml, 200 ml, and 250 ml. The acidity of the fresh and fermented red tomato juice was measured with a pH meter. The electrodes used were copper (Cu) as cathode and zinc (Zn) as anode, with the same thickness of 0.2 mm and size of 4.5×7 cm. The study was conducted at the same room temperature and humidity. The electrical properties to be studied are the values of voltage, current and electric power. The maximum voltage value is found at 48 hours of fermentation, which is 2.01 Volts and the minimum voltage at 144 hours of fermentation, which is 1.69 Volts. The maximum value of current and electric power is found at the 48-hour fermentation time of 0.49 mA with 0.98 mW of electrical power. As well as the value of the minimum current and electric power at a fermentation time of 96 hours of 0.11 mA with a power of 0.19 mW. The more volume used, the higher the value of current, voltage and electric power. The ability of each red tomato juice bio-battery sample in the red LED light for 3 hours decreased voltage, current and electric power.

Keywords: Current, bio-battery, red tomato juice, and voltage.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala Puji bagi Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Adapun tujuan penulisan skripsi ialah guna memenuhi sebagian persyaratan gelar Sarjana Sains dalam Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas pula dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnan, 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 dan Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Nazaruddin Nasution, M.Pd., selaku dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan waktu luang dengan kesabaran yang teramat penuh untuk membimbing serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi I dan Masthura, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan waktu luang dengan kesabaran yang teramat penuh untuk memberi bimbingan serta pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Semua dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negara Sumatera Utara. Banyak terimakasih penulis

sampaikan sebab sudah memberikan waktu luangnya untuk membimbing serta memberi ilmunya pada penulis.

7. Kedua orang tua, Ayahanda Alm. Zainal Abidin serta Bunda terkasih Marini bersama Kakak ataupun Adik (Ratih Sri Ninggrum serta Nurul Aulia Hasanah) yang senantiasa mendoakan serta memberi dukungan. Sahabat seperjuangan Program Studi Fisika angkatan 2016 yang senantiasa membagikan antusias serta dorongan motivasi kepada penulis.

Semoga Allah SWT memberikan hikmat serta hidayah- Nya pada kita, Aamiin Yaa Rabbal Alamiin. Penulis mengetahui dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis menginginkan saran serta kritikan dari pembaca untuk keutuhan skripsi penulis. Mudah- mudahan skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembaca serta untuk penulis sendiri.

Medan, 03 September 2021

Penulis,



Nadjara Yolanda

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Buah Tomat	5
2.2 Fermentasi.....	7
2.3 Elektrokimia	7
2.3.1 Deret Elektrokimia (Deret Volta).....	9
2.3.2 Elektroda.....	11
2.4 Baterai.....	12
2.5 Pengujian Bio-baterai	13
2.5.1 Arus Listrik.....	13
2.5.2 Tegangan Listrik atau Beda Potensial	14
2.5.3 Daya Listrik	14
2.5.4 pH (Derajat Keasaman)	15
2.6 Penelitian yang Relevan.....	15

2.7 Hipotesis Penelitian	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.1.1 Tempat Penelitian	18
3.1.2 Waktu Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
3.2.1 Alat Penelitian.....	18
3.2.2 Bahan Penelitian	19
3.3 Diagram Alir Penelitian	20
3.3.1 Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai pada Larutan Sari Tomat Merah Segar.....	20
3.3.2 Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai pada Larutan Sari Tomat Merah Fermentasi	21
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.4.1 Tahap Persiapan	22
3.4.2 Tahap Pengambilan Data	23
3.4.3 Tahap Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	25
4.1.1 Larutan Sari Tomat Merah Segar	25
4.1.2 Larutan Sari Tomat Merah Fermentasi.....	30
4.2 Pembahasan	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN-LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Kandungan nilai gizi dan kalori pada sari tomat per 100 gram ...	6
2.2	Nilai deret volta.....	10
4.1	Hasil pengukuran pH dan tegangan listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari buah tomat merah segar tanpa LED.....	25
4.2	Hasil pengukuran besaran listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari tomat merah segar menggunakan LED merah.....	26
4.3	Penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar dengan LED merah selama 3 jam.....	28
4.4	Penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar dengan LED merah selama 3 jam	28
4.5	Hasil pengukuran pH dan tegangan listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari buah tomat merah fermentasi tanpa LED ...	30
4.6	Hasil pengukuran besaran listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari tomat merah fermentasi menggunakan LED merah	31
4.7	Penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi dengan LED merah selama 3 jam	34
4.8	Penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi dengan LED merah selama 3 jam	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Buah Tomat Merah.....	5
2.2	Skala pH dari 0 sampai 14.....	15
3.1	Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai Larutan Sari Tomat Merah Segar.....	20
3.2	Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai Larutan Sari Tomat Merah Fermentasi	21
3.3	Desain prototipe Bio-baterai	23
4.1	Grafik hasil pengamatan besaran listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar pada variasi volume menggunakan LED.....	27
4.2	Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar menggunakan LED merah selama 3 jam.....	29
4.3	Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar menggunakan LED merah selama 3 jam.....	29
4.4	Grafik pengaruh variasi penambahan volume terhadap tegangan listrik bio-baterai sari tomat merah fermentasi menggunakan LED.....	32
4.5	Grafik pengaruh variasi penambahan volume terhadap arus listrik bio-baterai sari tomat merah fermentasi menggunakan LED.....	33
4.6	Grafik pengaruh variasi penambahan volume terhadap daya listrik bio-baterai sari tomat merah fermentasi menggunakan LED.....	33
4.7	Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 48 jam LED merah selama 3 jam.....	36
4.8	Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 48 jam LED merah selama 3 jam.....	36
4.9	Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 96 jam LED merah selama 3 jam.....	36

4.10	Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 96 jam LED merah selama 3 jam.....	37
4.11	Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 144 jam LED merah selama 3 jam.....	37
4.12	Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 144 jam LED merah selama 3 jam	37
4.13	Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 192 jam LED merah selama 3 jam	38
4.14	Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 192 jam LED merah selama 3 jam	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Analisis dan Perhitungan.....	45
2	Alat dan Bahan Penelitian	49
3	Pembuatan Sampel Bio-Baterai.....	52
4	Hasil Pengukuran	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan meningkatnya pembangunan di berbagai sektor di Indonesia, peningkatan di sektor ekonomi, dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan energi yang diperlukan akan terus meningkat (Elinur, 2010). Maka dari itu pentingnya peningkatan pencarian sumber energi terbaru sebagai energi alternatif. Energi alternatif ialah energi yang berasal dari bahan yang belum dipakai secara luas yang sumbernya dari alam dan dapat dikembangkan. Sekarang ini, penelitian dengan topik energi alternatif banyak dilaksanakan oleh para peneliti.

Kebanyakan riset yang dilakukan yaitu bio-baterai. Bio-baterai ini merupakan alat yang memproduksi energi listrik, sumbernya dari makhluk hidup seperti buah-buahan. Buah merupakan bahan yang berpengaruh besar menjadi bio-baterai. Dikarenakan asam merupakan sifat dari elektrolit batu baterai, yang kemudian alternatif elektrolit dapat didapatkan dari sifat asam buah tersebut (Asmarani, 2017). Bio-baterai yang dikembangkan itu sangat bermanfaat pada kehidupan yang masih memanfaatkan baterai dalam keseharian. Baterai ialah sarana yang merubah tenaga kimia yang terkandung pada bahan aktif secara langsung menjadi tenaga listrik menggunakan reaksi redoks pada elektroda (Jauharah, 2013).

Tingkat asam dalam bermacam buah mampu menghasilkan energi listrik yang sifatnya elektrolit. Buah tersebut terdapat kandungan asam klorida serta sitrat, dimana ini termasuk elektrolit dalam kategori kuat yang kemudian secara sempurna dapat terurai di dalam larutan air. Buah bukan hanya asam tapi juga terdapat kandungan air, yang bila terdapat 2 logam yang beda dan dicelupkan dalam larutan buah serta sayur dapat muncul potensial berbeda antar logam serta air alhasil jadilah potensial elektroda serta arus listrik dihasilkan. Sesuai dengan prinsip dari sel volta, jikalau 2 logam dicemplungkan pada eletrolit yang berbentuk larutan maka jadilah reaksi (reduksi-oksidasi) yang kemudian memunculkan arus listrik (Atina, 2015).

Buah yang paling banyak di Indonesia ialah buah tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan bagian komoditas hortikultura. Di Indonesia produksi buah tomat mengalami peningkatan tahun 2017 (9,01%) dari pada tahun 2016 (962,849 ton) (Prasetyo dkk., 2019). 5-10% buah tomat merupakan berat kering tanpa air serta 1% nya ialah kulit serta biji. Bila tomat dikeringkan, 50% dari berat keringnya terdiri dari gula-gula pereduksi (terutama glukosa dan fruktosa), sisanya berbagai asam organik, mineral, pigmen, vitamin serta lipid (Nurmiati, 2016). Dengan demikian kandungan asam pada buah tomat dapat dijadikan alternatif untuk menghasilkan listrik.

Suciati dkk. (2019) melakukan penelitian tentang analisis buah sitrus selaku air elektrolit sel volta bersumber pada ikatan pH dan situasi buah pada sifat kelistrikannya. Tujuan riset ialah menggunakan limbah buah sitrus selaku sumber tenaga pengganti bio- baterai. Bahan yg digunakan terdiri atas elektroda tembaga (Cu), seng (Zn), air elektrolit dari air buah jeruk nipis, air buah jeruk lemon, air buah jeruk medan, air buah jeruk pontianak dengan volume 50 ml. Cu berlaku seperti katoda dan Zn berlaku seperti anoda. Air elektrolit berasal dari bermacam aneka macam buah jeruk yg dikondisikan disaat segar, peragian 48 jam, serta busuk alami. Kadar keasaman air diukur mengenakan pH meter. hasil pengukuran titik berat tanpa berat terbaik didapat pada air jeruk lemon yang membusuk, yakni 19, 36 V. Pengukuran menggunakan berat 1000 Ω di dapat hasil terbaik pada air jeruk nipis peragian 48 jam, yakni 2, 369 mW, 0, 762 mA, serta 3, 11 V. Pengukuran dengan akumulasi LED, didapat hasil terbaik yaitu air jeruk lemon dan jeruk nipis peragian 48 jam dengan nilai energi 7, 144 mW dan 8, 534 mW.

Hendri dkk. (2015) melangsungkan penelitian tentang pengaruh tipe kulit pisang serta berbagai macam durasi fermentasi kepada kelistrikan dari sel ACCU. Pada riset ini dipakai 4 tipe kulit pisang ialah pisang ambon, kepok, mas, serta raja dengan macam durasi fermentasi 48, 92, 144, serta 196 jam. Dari riset membuktikan kalau tiap tipe kulit pisang menciptakan tekanan serta arus yang berlainan, di mana angka terbanyak merupakan kulit pisang ambon serta terkecil merupakan kulit pisang raja dengan perbandingan hasil tekanan menggapai 0,

9984 volt serta arus 9, 08 mA. Sebaliknya lama durasi fermentasi 196 jam memperoleh tekanan serta arus yang sangat besar.

Dari sumber penelitian terdahulu, maka penulis ingin melaksanakan penelitian mengenai analisis kelistrikan sel volta dengan memanfaatkan buah tomat sebagai energi alternatif bio-baterai. Penulis menggunakan buah tomat dalam penelitian karena di buah tomat terkandung asam mineral berupa asam sitrat yang sebagai elektrolit kuat yang terurai sempurna menjadi ion dalam larutan air. Penulis menggunakan jenis buah tomat merah segar dan buah tomat merah yang difermentasi, di mana waktu fermentasinya yaitu 48, 96, 144, dan 192 jam serta dengan variasi volume elektrolit yang digunakan. Elektroda yang dipakai adalah elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi larutan sari buah tomat merah terhadap kelistrikan bio-baterai saat menggunakan beban LED?
2. Bagaimana pengaruh penambahan volume larutan sari buah tomat merah segar dan sari buah tomat merah fermentasi terhadap kelistrikan bio-baterai?
3. Bagaimana kemampuan setiap sampel bio-baterai sari buah tomat merah dalam penyalaan lampu LED merah selama 3 jam?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini tertera dibawah ini:

1. Tomat merah segar yang digunakan diperoleh secara kormesil.
2. Lamanya waktu fermentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 48, 96, 144, dan 192 jam.
3. Volume larutan penelitian ini adalah 100, 150, 200, dan 250 ml.
4. Pengukuran kadar keasaman larutan sari buah tomat dengan pH meter.
5. Elektroda yang dipakai adalah Cu (Tembaga) dan Zn (Seng).
6. Lamanya nyala lampu LED yang dipakai berasal dari sari buah tomat.

7. Penelitian ini dilakukan pada suhu serta kelembaban ruangan yang sama, sehingga suhu dan kelembaban dianggap tak mempengaruhi hasil penelitian.
8. Sifat kelistrikan buah yang akan diuji ialah nilai tegangan, arus, dan daya listrik pada larutan sari buah tomat merah segar dan sari buah tomat merah yang difermentasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang melandasi penelitian ini ialah:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi larutan sari buah tomat merah terhadap kelistrikan bio-baterai saat menggunakan beban LED.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan volume larutan sari buah tomat merah segar dan sari buah tomat merah fermentasi terhadap kelistrikan bio-baterai.
3. Untuk mengetahui kemampuan setiap sampel bio-baterai sari buah tomat merah dalam penyalaan lampu LED merah selama 3 jam.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diberikan dalam penelitian ini ialah:

1. Dapat menjadi energi listrik alternatif yang ramah lingkungan dan mudah digunakan.
2. Dapat mengetahui kuat arus, tegangan, dan daya listrik pada sari buah tomat merah.
3. Mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil dengan beralih ke bio-baterai yang ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Tomat

Tomat (*Lycopersicum esculentum*) dapat diklasifikasikan sebagai buah ataupun sayuran. Tomat ialah salah satu produk hortikultura yang dapat membuat seseorang sehat serta memiliki peluang pasar yang lumayan menjanjikan. Tomat bagus ketika fresh ataupun olahan, mempunyai komposisi zat vitamin yang cukup komplit serta bagus. Tumbuhan ini tumbuh dilapangan besar atau kecil yang keadaannya tidak sangat berair. Tanah yang bagus buat penanaman tomat merupakan tanah yang berderai dengan pH dekat 5- 6 dan dengan pengairan yang lumayan serta tertib. Buah tomat terdiri atas 5- 10% berat kering tanpa air serta 1 persen kulit serta bulir. Bila buah tomat dikeringkan, dekat 50% dari berat keringnya terdiri atas gula pereduksi (paling utama glukosa serta fruktosa), lebihnya asam- asam organik, mineral, melamin, vit, serta lipid (Nurmiati, 2016).



Gambar 2.1 Buah Tomat Merah

Menurut Cahyono (1998) dalam Hamid (2016), klasifikasi tanaman tomat secara sistematik dalam ilmu botani sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas (class)	: Dicotyledone
Bangsa (ordo)	: Tubiflorae
Suku (Famili)	: Solanaceae

Marga (Genus) : *Lycopersicum*

Jenis (Species) : *Lycopersicon lycopersicum* (L) Karst

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

Jenis Zat Gizi	Nilai Gizi dan Kalori
Kalori (kal)	15
Protein (g)	1
Lemak (g)	0,2
Karbohidrat (mg)	3,5
Vitamin A (mg)	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)

Tumbuhan merupakan ciptaan Allah Swt yang banyak manfaatnya. Allah Swt berfirman dalam QS. An-Nahl (16): 11

يَنْبِتْ لَكُمْ بِهِ الْزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ ذَلِكَ لَعَايَةٌ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya: “Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan”.

Firman Allah di atas mengandung segala macam tumbuhan, seperti tanaman zaitun serta buah lainnya ditumbuhkan Allah sebagai rizki. Tumbuhan ini tumbuh dengan air yang diturunkan dari langit yang kemudian dapat

dimanfaatkan manusia sebagai makanan pokok. Maksud dari Allah menciptakan ini semua adalah sebagai nikmat serta tanda kekuasaan-Nya (Hasbi Wahab, 2016).

2.2 Fermentasi

Fermentasi diartikan selaku suatu cara oksidasi anaerobik ataupun partial anaerobik karbohidrat yang menciptakan alkohol dan sebagian asam, tetapi banyak cara fermentasi yang memakai substrat protein serta lemak. Cara fermentasi memerlukan starter selaku mikroba yang aktif serta dapat tumbuh dalam substrat. Starter ialah populasi mikroba dalam jumlah serta situasi fisiologis yang sedia diinokulasikan dengan alat peragian. Aspek yang pengaruhi cara fermentasi ialah temperatur, pH awal, inokulum, substrat, serta isi nutrisi medium (Sumanzaya, 2019).

Dalam riset Marince (2006) ada ikatan konduktivitas listrik, pH dengan lama hari penyimpanan wortel. Durasi penyimpanan yang lama menimbulkan konduktivitas listriknya menjadi bertambah, perihal ini bisa diakibatkan sebab sifat air yang terus menjadi asam itu. Pada suatu air bila ion H^+ bertambah berarti ion OH^- nya menyusut, berarti kalau ion H^+ yang gampang meningkat di dalam air itu, alhasil air bersifat asam serta konduktivitas listriknya bertambah. Hasil riset itu membuktikan kalau konduktivitas mengarah bertambah dengan lama penyimpanan. Perihal itu disebabkan sifat air yang terus menjadi asam. Konduktivitas listrik membuktikan tingkatan keahlian larutan dalam menghantarkan listrik ialah yang berkaitan dengan pergerakan ion di dalam air, ion yang gampang bergerak memiliki energi hantar listrik yang besar (Dian Jauharah, 2013).

2.3 Elektrokimia

Elektrektokimia ialah ilmu pengetahuan berkaitan dengan kimia yang dipelajari ialah pindahnya elektron didalam elektroda (positif serta negatif). Perihal ini diakibatkan sebab elektroda itu akan diarusi listrik selaku pangkal tenaga dalam pertukaran elektron. Rancangan elektrokimia dilandasi oleh respon reduksi - oksidasi (redoks) serta air elektrolit. Respon redoks ialah kombinasi dari respon pengurangan serta oksidasi yang berjalan dengan cara berbarengan.

Pada respon pengurangan terjalins insiden penahanan elektron sebaliknya respon oksidasi ialah insiden pembebasan elektron yang terjalins pada alat pengantar pada sel elektrokimia (Ridwan, 2016).

Proses elektrokimia memerlukan alat pengantar selaku daerah terbentuknya serah terima elektron pada sesuatu sistem respon yang dikenal larutan. Larutan bisa dikategorikan jadi 3 bagian ialah larutan elektrolit kuat, larutan elektrolit lemah, serta bukan larutan elektrolit. Larutan elektrolit kuat ialah air yang memiliki ion- ion terlarut yang bisa membawakan arus listrik amat bagus alhasil cara serah terima elektron berjalan cepat serta tenaga yang diperoleh relatif besar. Sebaliknya larutan elektrolit lemah ialah air yang memiliki ion- ion terlarut mengarah terionisasi beberapa alhasil dalam cara serah terima elektron relatif lambat serta tenaga yang diperoleh kecil. Tetapi begitu proses elektrokimia tetap terjadi. Untuk larutan bukan elektrolit, cara serah terima elektron tidak terjalins. Pada proses elektrokimia tidak terlepas dari logam yang dicelupkan pada larutan disebut elektroda terdiri dari katoda serta anoda (Ridwan, 2016).

Prosedur elektrokimia merupakan redoks (reduksi- oksidasi) di mana dalam respon ini energi yang dilepas oleh respon otomatis diganti menjadi listrik.

1. Reaksi Oksidasi atau reduksi ialah reaksi yang didapat karena perpindahan elektron dari satu senyawa ke yang lain.
2. Oksidator/Reduktor

Oksidator merupakan yang menerima elektron sebaliknya reduktor merupakan yang membagikan elektron.

Sel elektrokimia adalah perlengkapan yang dipakai buat melakukan perubahan di atas. Dalam suatu sel tenaga listrik diperoleh dengan jalur pembebasan elektron pada sesuatu elektroda (oksidasi) serta pendapatan elektron pada elektroda yang lain (reduksi). Elektroda yang membebaskan elektron dikenal anoda sebaliknya elektroda yang menyambut elektron dikenal katoda. Jadi suatu sel senantiasa terdiri:

1. Anoda: Elektroda tempat berlangsungnya respon oksidasi.
2. Katoda: Elektroda tempat berlangsungnya respon reduksi.
3. Larutan elektrolit: larutan ionik bisa menghantarkan arus, air ionik dianggap semacam resistor dalam sesuatu sirkuit hingga dimensi dari sifat- sifat air

merupakan tahanan R (atau ekivalen dengan konduktan L) mengikuti hukum Ohm (Asmarani, 2017).

Penggunaan elektrokimia di antaranya adalah:

- a. Sel galvani, ialah sel yang didasarkan pada respon kimia yang dapat menciptakan arus listrik, semacam baterai, aki, serta sel materi bakar (*fuel cell*).
- b. Sel elektrolisis, ialah sel yang didasarkan pada respon kimia yang membutuhkan arus listrik.

Sesuatu sel elektrokimia bisa terjalin dengan cara otomatis ataupun tidak otomatis, bisa diperkirakan dari angka potensial sel. Bila potensial sel berharga positif hingga respon redoks berjalan otomatis. Kebalikannya bila potensial sel berharga minus hingga respon tidak berjalan otomatis.

Nilai E°_{sel} ditentukan dengan rumus berikut.

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{reduksi}} - E^{\circ}_{\text{oksidasi}} \quad (2.1)$$

dengan:

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

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

Elektroda yang mempunyai potensial pengurangan lebih kecil akan mengalami oksidasi, kebalikannya elektroda yang potensial reduksinya lebih besar akan mengalami reduksi (Yulianti, 2016).

2.3.1 Deret Elektrokimia (Deret Volta)

Deret volta ialah antrean logam- logam yang bersumber pada kenaikan potensial elektroda standarnya. Biasanya deret elektrokimia kerap digunakan ialah: Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Ni, Sn, Pb, H, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. Pada deret volta, aspek logam dengan potensial elektroda lebih negatif diletakkan di kiri, kebalikannya aspek dengan potensial elektroda yang

lebih positif diletakkan di kanan. Terus menjadi ke kiri hingga peran logam dalam deret itu, sampai logam kian reaktif (lalu jadi mudah melepas elektron) dan logam yakni reduktor yang terus menjadi kuat (lalu jadi mudah mengalami oksidasi). Sebaliknya, terus menjadi ke kanan kedudukan logam dalam deret itu, sampai logam jadi kurang reaktif (lalu jadi sulit melepas elektron) dan logam yakni oksidator yang terus menjadi kuat (lalu jadi mudah mengalami reduksi) (Asmarani, 2017).

Di bawah ini ialah tabel potensial elektroda standar sebagai berikut.

Tabel 1.2 Nilai deret volta

Reaksi Reduksi	Logam	E(Volt) ^o
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	Li	-3,04
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	K	-2,92
$\text{Ba}^+ + 2\text{e}^-$	Ba	-2,90
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$	Ca	-2,87
$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	Na	-2,71
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	Mg	-2,37
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	Al	-1,66
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Mn	-1,18
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Zn	-0,76
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	Cr	-0,71
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	Fe	-0,44
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$	Cd	-0,40
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$	Co	-0,28
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	Ni	-0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Sn	-0,14
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	Pb	-0,13
$2\text{H}^{2+} + 2\text{e}^-$	H	0,00
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Sn	0,13
$\text{Bi}^{2+} + 2\text{e}^-$	Bi	0,30
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	Cu	0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	Ag	0,80
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$	Pt	1,20
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	Au	1,50

(Asmarani, 2017)

Arus listrik pada sel volta yang terangkai disebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Mengenai ini disebabkan karena analogi potensial antara kedua elektroda. Pengukuran analogi potensial (ΔV) antara 2 elektroda dengan mengenakan potensiometer kala arus listrik yang didapat mengalir sampai habis. Hingga akan didapat angka batas ataupun

perbandingan potensial dikala arus listriknya nol yang disebut sebagai potensial sel (E°_{sel}) (Darmiati, 2017).

2.3.2 Elektroda

Elektroda yakni konduktor yang bisa dialiri arus listrik dari satu media ke media yang lain. Elektroda umumnya dibuat dari metal, semacam tembaga, perak, timah, ataupun seng, namun pula ada elektroda yang dibuat dari materi konduktor listrik non- logam, semacam grafit. Elektroda bisa dipakai dalam pengelasan, baterai, obat- obatan, dan pabrik untuk metode yang menyangkutkan elektrolisis (Sumanzaya, 2019).

Terdapat tipe logam yang dapat dipakai sebagai katoda dan anoda, sebagai berikut:

1. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan sesuatu unsur kimia dalam bagan periodik yang mempunyai ikon Cu serta nomor molekul 29. Lambangnya berawal dari bahasa latin Cuprum. Tembaga ialah konduktor panas serta listrik yang bagus. Tidak hanya itu unsur ini lambat hadapi korosi. Kandungan Cu pada kulit bumi sangat bervariasi yaitu berkisar antara 55-70 ppm (Riskah, 2018).

Tembaga mempunyai karakteristik warna kemerahan, perihai itu diakibatkan bentuk jalurnya membalikkan sinar merah serta jingga dan meresap frekuensi- frekuensi lain dalam spectrum tampak. Tembaga amat sangat jarang serta tidak sering didapat dalam wujud asli. Metal ini tercantum metal berat non ferro ialah metal serta paduan yang tidak memiliki Fe serta C selaku faktor bawah dan mempunyai sifat penghantar listrik serta panas yang besar, kegigihan yang besar serta sifat tahanan korosi yang bagus. Penciptaan tembaga beberapa besar dipakai sebagai kawat ataupun materi buat mengubah panas dalam menggunakan hantaran listrik. Umumnya dipakai dalam wujud paduan, sebab bisa dengan gampang membuat paduan dengan logam- logam lain di antara lain dengan metal Pb serta metal Sn (Rizki, 2019).

2. Seng (Zn)

Seng dengan julukan kimia Zink dilambangkan dengan Zn memiliki nomor atom 30 serta mempunyai berat atom 65, 39. Metal ini lumayan gampang

ditempa serta liat pada 110- 150°C. Seng(Zn) melebur pada 410°C serta mendidih pada 906°C. Seng memiliki angka densitas sebesar 7, 14 g/cm³. Seng dalam pemanasan besar hendak memunculkan sedimen semacam pasir. Sebagian faktor kimia seng mendekati dengan magnesium, perihal ini disebabkan ion kedua faktor ini berdimensi nyaris serupa. Tidak hanya itu, keduanya pula mempunyai kondisi oksidasi+2.

Aplikasi yang lain mencakup penggunaannya pada baterai. Seng merupakan metal yang memiliki karakter lumayan reaktif, bercorak putih kebiruan, pudar apabila terserang uap udara dan terbakar apabila terkena udara dengan api hijau. Seng bisa bereaksi dengan asam, basa, serta senyawa non metal. Seng di alam tidak terletak dalam kondisi bebas, namun dalam wujud terikat dengan faktor lain berbentuk mineral. Mineral yang memiliki seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinit, smitkosit, willenit, serta zinkit (Rizki, 2019).

Tembaga selaku katoda ialah elektroda tempat terbentuknya respon reduksi, di mana di dalamnya terjalin penahanan elektron. Sebaliknya seng (Zn) selaku anoda ialah elektroda tempat terbentuknya respon oksidasi alhasil akan terjalin pembebasan elektron selama respon berlangsung. Ketika 2 buah konduktor seperti Cu- Zn, tersambung lewat air dengan konsentrasi pembawa muatan positif serta negatif tidak seimbang, hingga satu tipe pembawa muatan akan terkumpul pada satu konduktor serta yang lain akan terkumpul pada konduktor yang lain, alhasil di kedua ujung konduktor itu ada beda potensial. Sistem ini diketahui dengan sel volta (*cell voltaic*). Mengingat di kedua ujung konduktor terjalin respon redoks terus menerus, hingga terjalin petukaran pembawa muatan dari elektroda ke air elektrolit ataupun kebalikannya ialah dari air elektrolit ke elektroda, menimbulkan gerakan pembawa muatan (arus listrik) dengan kata lain gaya gerak listrik dari sel ialah hasil pergantian tenaga kimia lewat respon redoks (Asmarani, 2017).

2.4 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 antar materi-

materi kimia di dalamnya dengan metode sedemikian sampai memunculkan gerakan elektron. Baterai menciptakan tenaga listrik dengan mengaitkan transfer elektron lewat sesuatu alat yang bersifat konduktif dari 2 elektroda (anoda serta katoda) alhasil menciptakan arus listrik serta beda potensial. Bagian penting pada baterai terdiri dari elektroda serta elektrolit (Sumanzaya, 2019).

Prinsip kerja baterai memakai prinsip elektrokimia berdasarkan metode reduksi dan oksidasi di mana elektroda negatif (anoda) akan mengalami reaksi oksidasi alhasil elektron yang terdapat pada permukaan anoda akan terbebas dan dibawa oleh ion elektrolit menuju elektroda positif (katoda). Memindahkan elektron oleh ion elektrolit ini kemudian akan menghasilkan beda tegangan dan arus listrik apabila dihubungkan atau dirangkaikan dengan bagian elektronika sejenis dioda, resistor, atau kapasitor (Asmarani, 2017).

2.5 Pengujian Bio-Baterai

Pegujian bio-baterai ini terdiri atas arus listrik, tegangan listrik atau beda potensial, daya listrik, dan pH.

2.5.1 Arus Listrik

Arus listrik merupakan analogi antara tekanan masukan dengan hambatan susunan listrik. Arus listrik terbentuk adanya aliran- aliran muatan listrik yang mengalir pada medium khusus, pembagian arus listrik dipecah jadi 2 bagian: arus listrik searah (*Direct Current*) dan arus listrik bolak-balik (*Alternating Current*). Satuan dari arus listrik adalah Ampere (Nurhabibah, 2018).

Secara sistematisnya kuat arus dituliskan sebagai berikut:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.2)$$

dengan:

I = kuat arus listrik (A);

Q = jumlah muatan yang mengalir (C);

t = waktu (s).

Pada arus listrik bolak-balik, muatan listrik mengalir dalam 2 arah. Ada pula pada arus listrik searah, muatan listrik hanya mengalir dalam satu arah saja.

Karakteristik umum dari arus bolak-balik, ialah sumber tegangan berawal dari PLN sebaliknya arus searah berasal dari baterai (Yulianti, 2016).

2.5.2 Tegangan Listrik atau Beda Potensial

Tegangan merupakan hasil kali antara arus dengan hambatan listrik. Tegangan listrik tercipta adanya aliran- aliran arus listrik dengan hambatan listrik. Tegangan listrik dibagi jadi 2 bagian: tegangan listrik searah (*Direct Voltage*) dan tegangan listrik bolak-balik (*Alternating Voltage*). Satuan dari tegangan adalah *voltage* (Nurhabibah, 2018).

Persamaan untuk menentukan besarnya tegangan adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{W}{Q} \quad (2.3)$$

dengan:

V = tegangan (V)

W = energi (J)

Q = muatan (C)

Tegangan bisa pula dimaksud sebagai joule per coulomb. Contoh suatu baterai mempunyai tegangan sebesar 12, 6 V, itu berarti tiap muatan 1 coulomb sediakan energi 12, 6 *Joule*. Bila suatu lampu dihubungkan ke baterai itu hingga tiap muatan 1 *coulomb* yang mengalir lewat lampu akan mengkonversi tenaga sebesar 12, 6 *Joule* jadi energi panas serta energi cahaya (Sumanzaya, 2019).

2.5.3 Daya Listrik

Energi listrik merupakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir tiap detik ataupun *joule per second*, yang diukur dalam dasar watt (W). Daya listrik diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{W}{t} \quad (2.4)$$

Keterangan:

P = daya listrik (W);

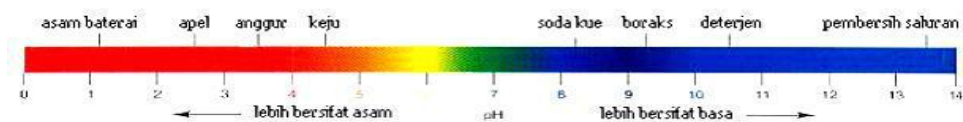
W = energi (J);

t = waktu(s).

(Sumanzaya, 2019)

2.5.4 pH (Derajat Keasaman)

pH ataupun derajat keasaman dipergunakan untuk menyatakan tingkatan keasaman ataupun basa yang dipunyai oleh sesuatu zat, air ataupun benda. Lewis mendeskripsikan sesuatu asam selaku senyawa yang bisa menerima sepasang elektron. Bersumber pada defenisi Lewis mengenai asam, nyata kalau ada keasaman antara asam dengan pengoksidasi. kedua- keduanya mengarah untuk menarik elektron. Dikenal elektrofilik ataupun elektron attracting agent. Asam akan menerima pasangan elektron dari basa membentuk ikatan kovalen, kebalikannya pengoksidasi menerima elektron. (H^+) yakni konsentrasi ion hidrogen. pH normal mempunyai angka 7 sedangkan bila angka $pH > 7$ menunjukkan zat itu mempunyai sifat basa sebaliknya angka $pH < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan bagian keasaman paling tinggi, dan pH 14 menunjukkan bagian kebasaan paling tinggi (Asmarani, 2017).



Gambar 2.2 Skala pH dari 0 sampai 14 (Asmarani, 2017).

2.6 Penelitian yang Relevan

Hendri dkk. (2015) melaksanakan riset hal akibat tipe kulit pisang dan variasi durasi peragian pada kelistrikan dari sel accu dengan menggunakan larutan kulit pisang. Variasi tipe kulit pisang yang digunakan ialah pisang ambon, raja, kepok dan mas menggunakan variasi durasi peragian 48, 96, 144, dan 192 jam. Riset ini menggunakan media bio-baterai yang terdiri 3 sel dengan daya muat 90 ml untuk masing-masing selnya. Larutan percobaan kulit pisang ambon menunjukkan nilai tegangan terbanyak, setelah itu disusul kulit pisang kepok serta pisang raja. sebaliknya nilai arus terbanyak hingga terkecil ialah pisang ambon,

kapok, mas, serta raja. Nilai tegangan maksimal terdapat pada durasi peragian maksimal dengan nilai tegangan 3,7064 volt dan tegangan terendah terdapat pada durasi peragian minimal dengan angka 2,708 volt.

Jauharah (2013) melaksanakan riset hal analisa kelistrikan yang diperoleh limbah buah serta sayur- mayur selaku tenaga pengganti bio- baterai. Kelistrikan yang diukur melingkupi pengaruh jarak antar elektroda terhadap nilai arus dan tegangan, nilai kuat arus dan tegangan pada bio- baterai seri- paralel dengan bermacam nilai hambatan, lama penyalaan LED yang diperoleh oleh bermacam bio- baterai limbah buah serta sayur- mayur, dan ikatan nilai pH pada nilai tegangan. Materi yang digunakan ialah sitrus, tomat, cabe, wortel, serta pisang. Elektroda yg digunakan ialah Cu (katoda) dan Zn (anoda). hasil dari riset ini membuktikan kalau kuat arus dan tegangan berganti dengan pergantian jarak antar elektroda baik elektrolit limbah sitrus, tomat, wortel, cabe ataupun pisang. Sitrus menciptakan tegangan paling tinggi ialah 2, 72 volt serta buah pisang menciptakan tegangan terkecil ialah 2 volt. setelah sitrus, butir tomat memiliki durasi terlama ke 2 ialah 60 jam menggunakan tegangan awal di biasanya yang dipunyai oleh buah tomat adalah 2, 81 volt.

Asmarani (2017) melaksanakan riset hal analisa buah sitrus dan kulit sitrus selaku larutan elektrolit sel volta. Materi yg digunakan terdiri atas elektroda tembaga (Cu), seng (Zn), buah sitrus nipis, lemon, sitrus medan, serta sitrus pontianak. variasi volume yang dicoba, ialah 20, 30, 40, dan 50 ml. variasi kondisi larutan yang dicoba, adalah ketika segar, peragian 48, 96, 144, 192 jam, dan busuk natural. tingkatan keasaman larutan diukur memakai pH meter. hasil pengukuran tanpa beban terbaik diperoleh di larutan sitrus lemon busuk, adalah 19, 36 V. di pengukuran dengan menggunakan beban 1000 Ω diperoleh hasil terbaik pada larutan sitrus nipis peragian 48 jam, ialah 2, 369 mW, 0, 762 mA, serta 3, 11 V. Setelah itu pada pengukuran menggunakan akumulasi beban LED hingga kemampuan maksimum diperoleh hasil terbaik di larutan sitrus lemon dan sitrus nipis beserta keluaran 9 buah LED.

Sumanzaya (2019) melaksanakan riset hal baterai menggunakan pasta yang berawal dari materi alam yang ramah. Bio- baterai bisa menciptakan energi listrik dengan memakai elektrolit onggok ketela pohon dan elektroda Cu- Zn.

Konsep perlengkapan terbuat dari baterai dry cell jenis R20S IEC atau UM- 1 atau D tegangan 1,5 volt sebanyak 20 buah yang dirangkai dengan cara seri. Elektrolit yg digunakan ialah onggok ketela pohon, onggok ketela pohon peragian 48, 96, dan 144 jam. Pengukuran karakter listrik onggok ketela pohon dengan menggunakan bobot lampu LED DC 12V 7 watt sepanjang 12 jam. Tegangan maksimal saat tak diberi bobot yang diperoleh onggok ketela pohon sebesar 16,76 volt, peragian 48 jam sebanyak 19,28 volt, peragian 96 jam sebanyak 20,00 volt, serta peragian 144 jam sebanyak 20,30 volt. Tipe onggok ketela pohon yang memiliki karakter listrik terbaik ialah onggok ketela pohon peragian 144 jam.

2.7 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis pada penelitian ini yaitu larutan sari tomat merah segar dan fermentasi dapat dipakai sebagai elektrolit dalam pembuatan biobaterai dengan memvariasikan volume. Biobaterai diharapkan bisa diterapkan untuk menghidupkan lampu LED merah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini ialah suatu jenis penelitian yang mempergunakan metode eksperimen. Pada riset ini peneliti menginovasikan dalam bidang energi baru-terbarukan dengan memanfaatkan sari buah tomat merah sebagai energi alternatif bio-baterai.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan 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 merah dilaksanakan tepatnya bulan Januari hingga Februari 2021.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Berbagai alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Multimeter digital sebagai alat pengukur tegangan dan arus listrik dari bio-baterai.
2. Kabel penjepit buaya untuk menghubungkan rangkaian.
3. pH meter sebagai alat pengukur kadar keasaman dari larutan sari buah tomat merah.
4. Wadah akrilik sebagai tempat sampel sari buah tomat merah.
5. Gelas ukur sebagai alat pengukur volume dari sari buah tomat merah.
6. Blender sebagai alat penghalus dari buah tomat merah.
7. *Stopwatch* sebagai pengukur lama waktu penyalaan lampu LED.
8. Pisau untuk memotong buah tomat merah.

9. Saringan untuk menyaring buah tomat yang sudah dihaluskan agar didapat sari buah tomat merah.
10. Toples plastik untuk wadah larutan sari buah tomat merah yang difermentasikan.
11. Kertas label guna memberi penomoran sampel uji.

3.2.2 Bahan Penelitian

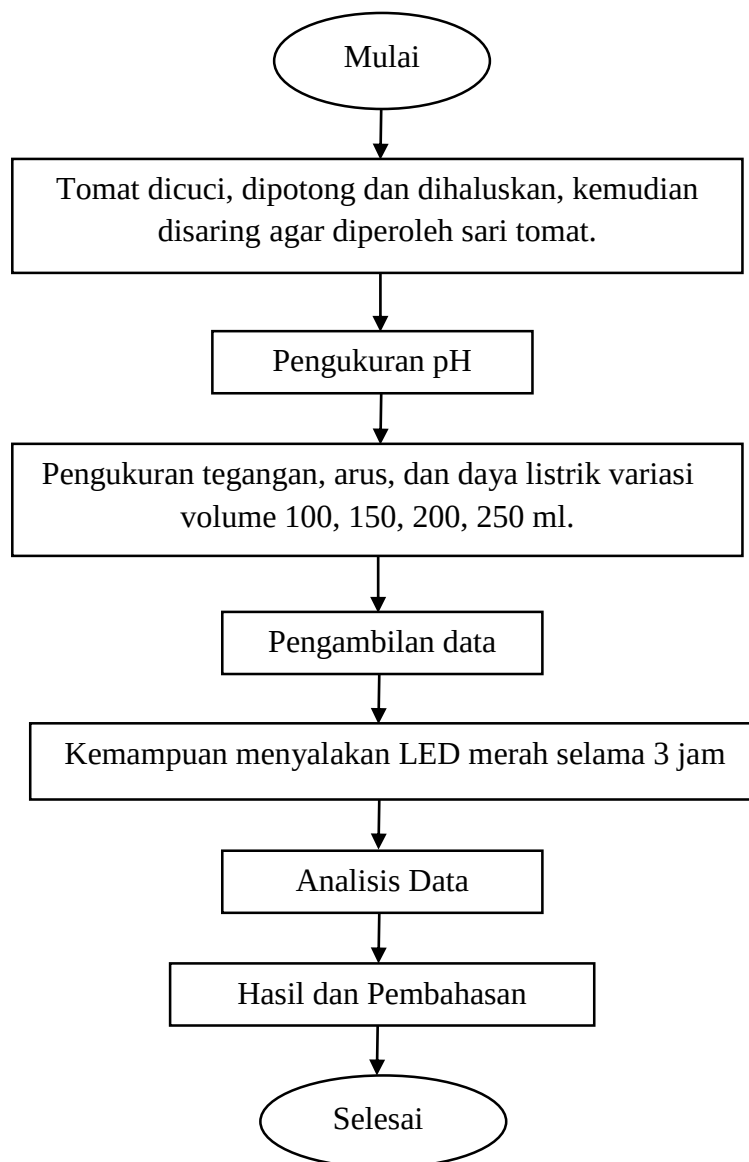
Berikut beberapa bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah:

1. Larutan sari buah tomat merah dan sari buah tomat merah yang difermentasi sebagai elektrolit bio-baterai.
2. Pelat logam Cu (Tembaga) dan Zn (Seng) sebagai elektroda, di mana Cu sebagai katoda dan Zn sebagai anoda.
3. Lampu LED merah sebagai indikator pengujian lama waktu penyalaan dari bio-baterai.
4. Ragi berperan membantu proses fermentasi larutan sari tomat merah.

3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai pada Larutan Sari Tomat Merah Segar

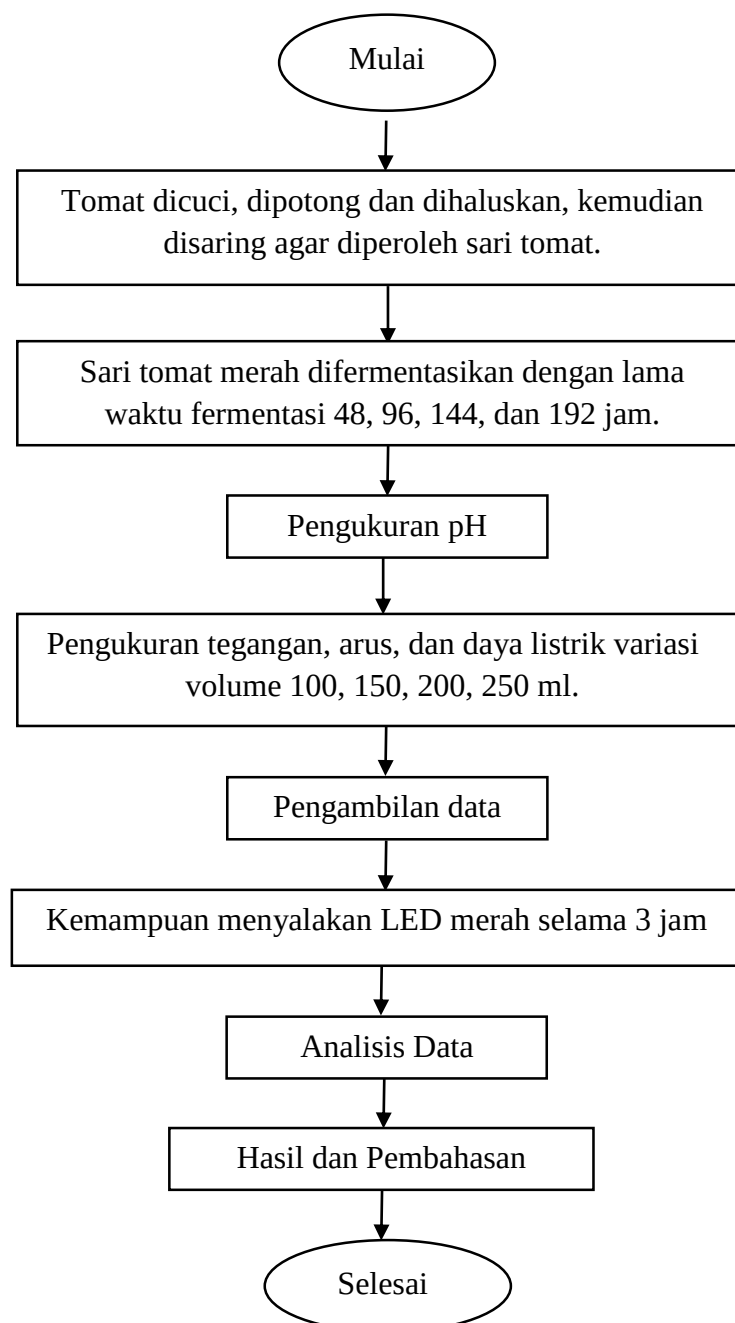
Sesudah pembuatan prototipe bio- baterai berakhir, berikutnya dicoba pembuatan larutan sari tomat merah segar selaku elektrolit bio- baterai serta dilakukan pengujian kelistrikannya. Ada pula skema alirnya yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai Larutan Sari Tomat Merah Segar

3.3.2 Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai pada Larutan Sari Tomat Merah Fermentasi

Sesudah pembuatan prototipe bio- baterai berakhir, berikutnya dicoba pembuatan larutan sari tomat merah fermentasi selaku elektrolit bio- baterai serta dicoba pengujian kelistrikannya. Ada pula bagan alirnya yakni sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Bio-baterai Larutan Sari Tomat Merah Fermentasi

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Berikut berbagai hal yang penting untuk disiapkan sebelum melakukan penelitian ini ialah:

1. Pemilihan Jenis Elektroda

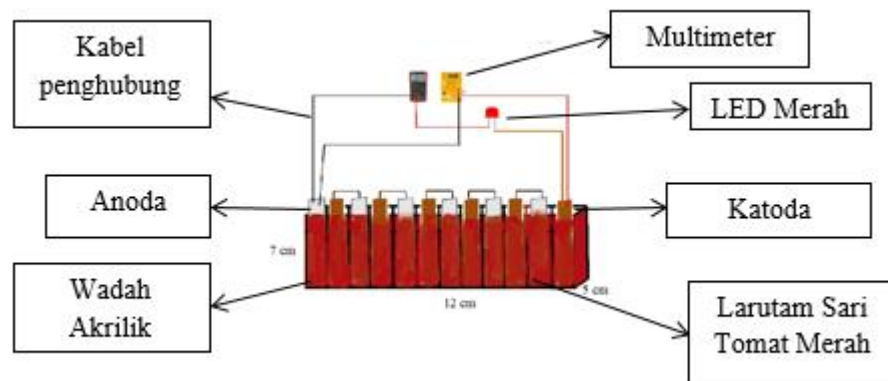
Dilakukan pemilihan jenis elektroda pada penelitian ini, jenis elektroda yang digunakan yaitu tembaga (Cu) dan seng (Zn) di mana Cu sebagai katoda dan Zn sebagai anoda, kemudian elektroda dipotong dengan ukuran 4,5 cm × 7 cm.

2. Persiapan Sari Buah Tomat

Dilakukan persiapan sari buah tomat, di mana jenis buah tomat yang digunakan yaitu buah tomat merah segar yang mudah didapatkan di pasar. Buah tomat dicuci hingga bersih kemudian dipotong dan dihaluskan menggunakan blender. Kemudian, tomat yang sudah halus disaring agar diperoleh sari tomat. Sari tomat dimasukkan ke dalam wadah dan dipisahkan menjadi larutan sari buah tomat merah segar dan larutan sari buah tomat merah fermentasi. Larutan sari tomat fermentasi ditambahkan ragi sebanyak 5 gram dalam wadah fermentasi, lalu didiamkan selama waktu fermentasi yaitu 48 jam, 96 jam, 144 jam, dan 192 jam. Untuk larutan sari tomat merah segar divariasikan volumenya dan diberi penomoran pada setiap sampel larutan.

3. Desain Prototipe Bio-baterai

Dirangkai rangkaian desain *prototype* bio-baterai menggunakan wadah yang yang dibuat berbentuk balok panjang tanpa tutup dengan ukuran panjang, lebar dan tinggi yaitu 12 cm, 5 cm dan 7 cm, terdapat 6 sel pada bio-baterai yang terdiri 6 pasang elektroda (Cu-Zn) yang disusun secara seri. Lalu katoda dan anoda diletakkan pada setiap sel yang nantinya akan dipasangkan dengan multimeter dan juga lampu LED merah.



Gambar 3.3 Desain prototipe Bio-baterai

3.4.2 Tahap Pengambilan Data

Sehabis tahap persiapan telah selesai dijalankan, selanjutnya tahap pengambilan data yang diantaranya ialah:

1. Pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik dengan variasi lama waktu fermentasi.

Diukur taraf keasaman sampel larutan elektrolit memakai pH meter dengan cara menghitung pH awal dari sari buah tomat merah. lalu dilakukan pengukuran tegangan serta arus. Selanjutnya larutan sari tomat di diamkan selama 48 jam kemudian dilakukan pengukuran pH kembali begitu juga dengan tegangan serta arus. Pengukuran ini terus dilakukan dengan waktu 48, 96, 144, serta 192 jam di tiap masing-masing larutan. dengan variasi lama waktu fermentasi, larutan sari tomat merah dapat bertambah keasamannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan, arus, serta daya listrik yg dihasilkan terhadap waktu fermentasi.

2. Pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik dengan variasi volume larutan elektrolit.

Dilakukan pengukuran dengan cara menuangkan larutan elektrolit buah tomat di wadah rangkaian elektrolisis sesuai dengan variasi volume yg telah ditetapkan. lalu menaruh katoda Cu serta anoda Zn di larutan serta dijepitkan. Variasi volumenya yakni 100, 150, 200, serta 250 ml. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan dan arus untuk setiap volume. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan, arus serta daya listrik yang

dihasilkan terhadap variasi volume di tiap sampel larutan sari tomat merah segar serta sari tomat merah fermentasi.

3. Pengukuran kemampuan menyalakan lampu LED merah terhadap waktu. Dilakukan pengukuran dengan tujuan mengenali ikatan dari tegangan serta arus listrik. Diperoleh dengan memakai lampu LED merah pada sampel bio-baterai. Terus menjadi besar nilai tegangan listrik dari bio- baterai hingga terus menjadi lama lampu bisa menyala. Pemberian lampu LED merah dicoba pada tiap sampel bio- baterai selama 3 jam. Setelah itu diukur penurunan tegangan serta arus tiap 20 menit selama waktu 3 jam selaku dampak pemberian LED merah.

3.4.3 Tahap Analisis Data

Dalam Penelitian ini akan dihasilkan beberapa macam data pada tabel yang kemudian akan dibuat grafik dengan menggunakan Microsoft Excel yaitu:

1. Dihasilkan data pengukuran pH dan pengukuran tegangan tanpa LED dengan variasi volume pada sampel tomat merah segar dan fermentasi.
2. Dihasilkan data pengukuran arus, tegangan, dan daya listrik dengan LED pada variasi volume, dalam keadaan sampel elektrolit tomat merah segar dan fermentasi.
3. Dihasilkan data penurunan tegangan dan arus listrik akibat penyalaan lampu LED merah selama 3 jam.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang dilaksanakan terdapat hasil pengukuran terhadap perlakuan larutan sari tomat merah segar dan fermentasi. Adapun hasil pengukuran tersebut berupa nilai pH, tegangan listrik, arus listrik, daya listrik, dan juga penurunan tegangan dan arus listrik akibat penyalan lampu LED merah selama 3 jam.

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1. Larutan Sari Tomat Merah Segar

Melewati proses pembuatan bio-baterai larutan sari tomat merah segar, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap kelistrikannya. Pengukuran yang dilakukan yaitu pengukuran pH tomat merah segar dan pengujian kelistrikan yaitu nilai tegangan listrik dari bio-baterai larutan sari tomat merah dalam keadaan segar tanpa menggunakan LED. Hasil pengukuran tersebut terdapat dalam Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pH dan tegangan listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari buah tomat merah segar tanpa LED

Volume (ml)	pH	Tegangan (Volt)
100	4,3	1,82
150		1,93
200		2,05
250		2,10

Pada tabel 4.1 terlihat bahwa hasil pengamatan nilai tegangan listrik dari sampel bio-baterai volume sari tomat merah segar dengan variasi volume tanpa memakai LED, di mana angka tingkatan keasaman(pH) dari larutan sebesar 4,3. Pada volume 100, 150, 200, serta 250 ml nilai tegangan listrik yang diperoleh beruntun ialah 1,82 Volt; 1,93 Volt; 2,05 Volt; serta 2,10 Volt. Nilai tegangan listrik terkecil ada pada volume 100 ml ialah sebesar 1,82 Volt serta nilai tegangan listrik terbanyak ada pada volume 250 ml ialah sebesar 2,10 Volt. Dari

hasil yang didapat menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah volume sampel larutan yang digunakan semakin besar pula tegangan listrik yang dihasilkan pada bio-baterai tersebut.

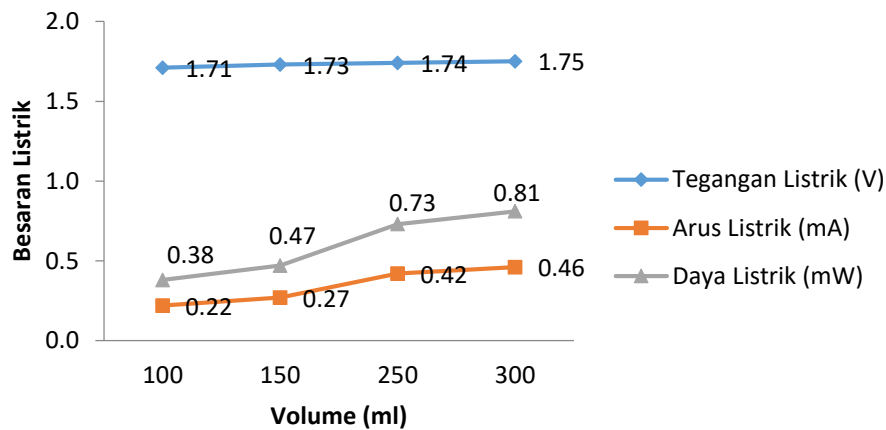
Selanjutnya dilakukan pengukuran kelistrikan dengan menggunakan LED merah. Pengukuran tersebut yaitu tegangan, arus, dan daya listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar dengan berbagai variasi volume yang digunakan. Adapun hasil pengamatan tersebut terdapat dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 2.2 Hasil pengukuran besaran listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari tomat merah segar menggunakan LED merah

Volume (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
100	1,71	0,22	0,38
150	1,73	0,27	0,47
200	1,74	0,42	0,73
250	1,75	0,46	0,81

Pada tabel 4.2 terlihat bahwa hasil pengamatan besaran listrik dari bio-baterai larutan sari tomat merah segar memakai LED merah. Pada volume 100 ml, nilai tegangan listrik yang diperoleh ialah 1,71 Volt, arus listrik sebesar 0,22 mA, serta daya listrik yang diperoleh sebesar 0,38 mW. Selanjutnya pada volume 150 ml, didapat nilai tegangan listrik, arus listrik serta daya listrik beruntun sebesar 1,73 V; 0,27 mA; serta 0,47 mW, dan berikutnya pada volume 200 dan 250 ml. Besaran listrik terkecil ialah pada volume 100 ml dengan nilai tegangan listrik sebesar 1,71 Volt, arus listrik sebesar 0,22 mA serta daya listrik sebesar 0,38 mW. Sebaliknya besaran listrik terbesar ialah pada volume 250 ml dengan nilai tegangan listrik, arus listrik serta daya listrik beruntun sebesar 1,75 Volt; 0,46 mA; serta 0,81 mW.

Berlandaskan pada Tabel 4.2 hasil pengamatan kelistrikan dari biobaterai larutan sari tomat merah segar menggunakan LED merah dapat disajikan dalam grafik berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengamatan besaran listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar pada variasi volume menggunakan LED

Gambar 4.1 di atas ialah grafik akibat penambahan volume kepada nilai tegangan, arus, serta daya listrik yang diperoleh bio-baterai larutan sari tomat merah dalam kondisi segar memakai LED merah. Pada grafik itu bisa diamati kalau terus menjadi besar jumlah volume larutan yang dipakai pada bio-baterai terus menjadi besar pula nilai tegangan, arus, serta daya listrik yang diperoleh. Perihal ini cocok dengan hukum ohm, di mana angka arus listrik berbanding lurus dengan angka tegangannya. Sebab terdapatnya arus serta tegangan yang mengalir dalam bio-baterai ini, hingga nilai daya listrik bisa dihitung dengan rumus daya listrik, ialah $P=V \times I$.

Bisa diamati kalau besaran listrik terbanyak ada pada volume 250 ml dengan tegangan listrik sebesar 1,75 V, arus listrik sebesar 0,46 mA serta daya listrik sebesar 0,81 mW. Sebaliknya besaran listrik terkecil ada dalam volume 100 ml dengan nilai tegangan, arus, serta daya listrik yang diperoleh berturut sebesar 1,71 V; 0,22 mA; serta 0,38 mW.

Menurut Atina (2015) bahwa tegangan serta kuat arus listrik yang diperoleh pada bio-baterai ini bisa dipaparkan dengan mengadopsi prinsip kerja sel volta. Bila 2 elektroda berlainan dimasukkan ke dalam air elektrolit hingga hendak menciptakan tenaga listrik selaku hasil respon kimia yang berjalan otomatis. Respon kimia yang terjalin ialah respon redoks (reduksi- oksidasi). Pada anoda (Zn) terjalin respon oksidasi sebaliknya pada katode (Cu) terjalin

pengurangan. Elektron lalu beralih dari anoda (cara oksidasi) mengarah katoda (cara reduksi). Dalam air elektrolit, muatan dibawa oleh kation ke katoda serta oleh anion ke anoda. Respon ini terus berlangsung sampai menghasilkan energi listrik.

Sesudah didapat nilai besaran listrik dari sampel bio-baterai larutan sari tomat merah segar yang diukur dengan multimeter digital, selanjutnya pada Tabel 4.3 dan 4.4 disajikan penurunan tegangan dan arus listrik yang terjadi pada saat dinyalakannya lampu LED merah selama 3 jam. Adapun hasil pengamatannya disajikan ke dalam tabel di bawah ini.

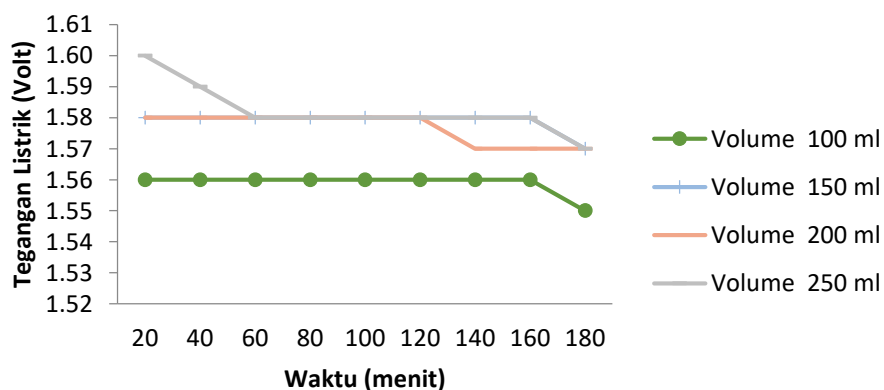
Tabel 4.3 Penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar dengan LED merah selama 3 jam

Waktu (menit)	Tegangan Listrik (Volt)			
	Volume 100 ml	Volume 150 ml	Volume 200 ml	Volume 250 ml
20	1,56	1,58	1,58	1,60
40	1,56	1,58	1,58	1,59
60	1,56	1,58	1,58	1,58
80	1,56	1,58	1,58	1,58
100	1,56	1,58	1,58	1,58
120	1,56	1,58	1,58	1,58
140	1,56	1,58	1,57	1,58
160	1,56	1,58	1,57	1,58
180	1,55	1,57	1,57	1,57

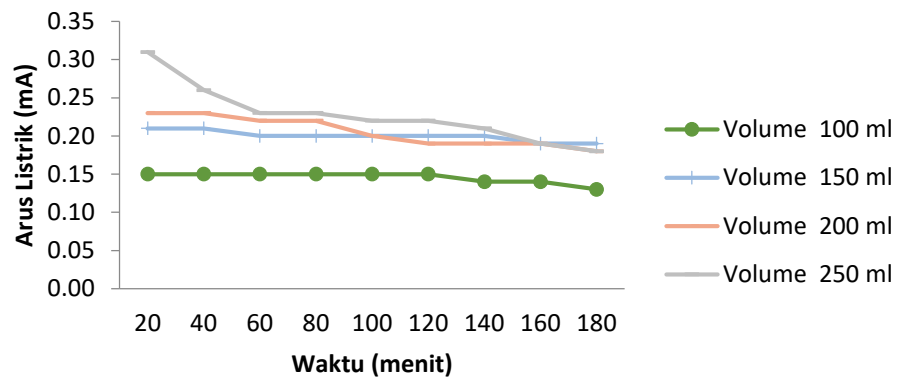
Tabel 4.4 Penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar dengan LED merah selama 3 jam

Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)			
	Volume 100 ml	Volume 150 ml	Volume 200 ml	Volume 250 ml
20	0,15	0,21	0,23	0,31
40	0,15	0,21	0,23	0,26
60	0,15	0,20	0,22	0,23
80	0,15	0,20	0,22	0,23
100	0,15	0,20	0,20	0,22
120	0,15	0,20	0,19	0,22
140	0,14	0,20	0,19	0,21
160	0,14	0,19	0,19	0,19
180	0,13	0,19	0,18	0,18

Pada tabel 4.3 dan 4.4 terlihat adanya penurunan tegangan dan arus listrik yang terjadi pada bio-baterai larutan sari buah tomat merah dalam keadaan segar dengan pengukuran setiap 20 menit dalam 3 jam penyalan lampu LED merah. Nilai arus dan tegangan pada tabel di atas mengalami penurunan, dimana pada volume 100 ml, tegangan dan arus yang diperoleh saat 20 menit pertama sebesar 1,56 Volt dan 0,15 Ampere dan mengalami penurunan tegangan dan arus hingga menit ke 180 yaitu sebesar 1,55 Volt dan 0,13 Ampere. Begitu juga untuk volume 150 ml hingga 250 ml, mengalami penurunan arus dan tegangan listrik setiap penambahan waktu. Untuk lebih jelaskan dapat disajikan pada grafik berikut.



Gambar 4.2 Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar menggunakan LED merah selama 3 jam



Gambar 4.3 Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah segar menggunakan LED merah selama 3 jam

4.1.2 Larutan Sari Tomat Merah Fermentasi

Selesai melewati pembuatan bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap kelistrikannya. Pengukuran yg dilakukan yaitu pengukuran pH tomat merah fermentasi dan pengujian kelistrikan yaitu nilai tegangan listrik dari bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 48, 96, 144, dan 192 jam tanpa menggunakan LED. Hasil pengukuran tersebut terdapat dalam Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran pH dan tegangan listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari buah tomat merah fermentasi tanpa LED

Waktu Fermentasi	pH	Volume (ml)	Tegangan Listrik (V)
48 jam	3,6	100	1,95
		150	2,04
		200	2,10
		250	2,15
96 jam	3,5	100	2,04
		150	2,17
		200	2,20
		250	2,27
144 jam	3,4	100	2,08
		150	2,18
		200	2,24
		250	2,30
192 jam	3,3	100	2,11
		150	2,19
		200	2,25
		250	2,35

Pada tabel 4.5 terlihat bahwa hasil pengamatan besaran listrik berdasarkan sampel bio-baterai larutan sari tomat merah yang difermentasikan tanpa menggunakan LED. Di mana nilai tingkat keasaman (pH) pada tiap lamanya fermentasi 48, 96, 144, dan 192 jam berturut-turut sebesar 3,6; 3,5; 3,4; dan 3,3. Pada volume 100 ml, dengan waktu fermentasi 48 Jam, nilai tegangan listrik yang dihasilkan sebesar 1,95 Volt. Dan pada volume yang sama nilai tegangan listrik yang dihasilkan pada waktu fermentasi 96, 144, dan 192 jam berturut-turut sebesar 2,04 Volt; 2,08 Volt; dan 2,11 Volt, dan seterusnya.

Larutan sari tomat merah yang difermentasikan selama 48, 96, 144, dan 192 jam dengan variasi penambahan volume menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah volume sampel larutan elektrolit tomat merah fermentasi yang digunakan semakin besar pula nilai tegangan listrik yang dihasilkan pada bio-baterai tersebut di mana tegangan listrik terbesar terletak pada volume 250 ml untuk larutan sari tomat merah yang difermentasikan lamanya 192 jam dengan pH

3,3 yaitu sebesar 2,35 Volt. Sedangkan tegangan listrik terkecil terdapat pada waktu fermentasi 48 jam pada volume 100 ml dengan pH 3,6 yaitu sebesar 1,95 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya waktu fermentasi maka semakin besar pula nilai tegangan listrik yang dihasilkan. Pengaruh lama waktu fermentasi berhubungan dengan tingkat keasaman (pH) larutan, di mana semakin lama waktu fermentasi maka tingkat asam pada larutan tersebut semakin bertambah.

Selanjutnya dilakukan pengukuran kelistrikan dengan menggunakan LED merah. Pengukuran tersebut yaitu tegangan listrik, arus listrik, dan daya listrik pada bio-baterai larutan sari tomat pada waktu fermentasi 48, 96, 144, dan 192 jam dengan berbagai variasi volume yang digunakan. Berikut hasil pengamatan terlihat pada tabel 4.6.

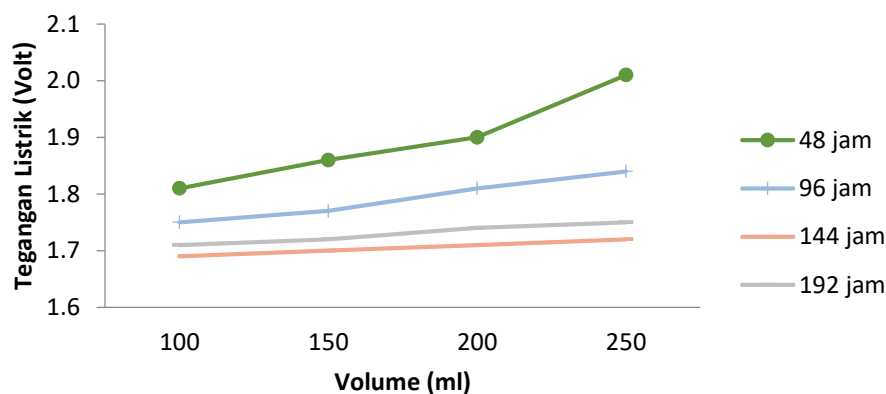
Tabel 4.6 Hasil pengukuran besaran listrik dalam variasi volume larutan elektrolit sari tomat merah fermentasi menggunakan LED merah

Waktu Fermentasi	Volume (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
48 jam	100	1,81	0,28	0,51
	150	1,86	0,36	0,67
	200	1,90	0,46	0,87
	250	2,01	0,49	0,98
96 jam	100	1,75	0,11	0,19
	150	1,77	0,21	0,37
	200	1,81	0,29	0,52
	250	1,84	0,35	0,64
144 jam	100	1,69	0,19	0,32
	150	1,70	0,21	0,36
	200	1,71	0,29	0,50
	250	1,72	0,35	0,60
192 jam	100	1,71	0,26	0,44
	150	1,72	0,28	0,48
	200	1,74	0,32	0,56
	250	1,75	0,43	0,75

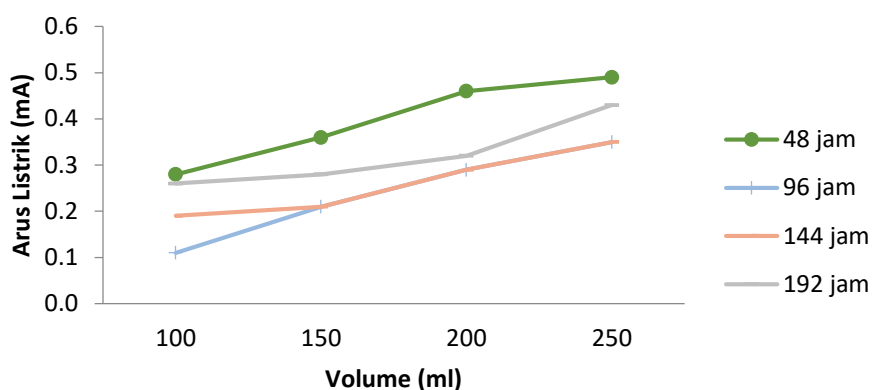
Dalam tabel 4.6 terlihat bahwasannya hasil pengamatan besaran listrik dari bio- baterai larutan sari tomat merah fermentasi memakai LED merah. Pada durasi

fermentasi 48 jam, besaran listrik terkecil ialah pada volume 100 ml dengan nilai tegangan listrik sebesar 1,81 Volt, arus listrik sebesar 0,28 mA serta daya listrik sebesar 0,51 mW. Sebaliknya besaran listrik terbesar pada durasi fermentasi itu ialah pada volume 250 ml dengan nilai tegangan listrik, arus listrik serta daya listrik beruntun sebesar 2,01 Volt; 0,49 mA; serta 0,98 mW. Sedemikian itu pula pada durasi fermentasi 96, 144, serta 192 jam mengalami penambahan nilai tegangan, arus serta daya listrik setiap penambahan volumenya.

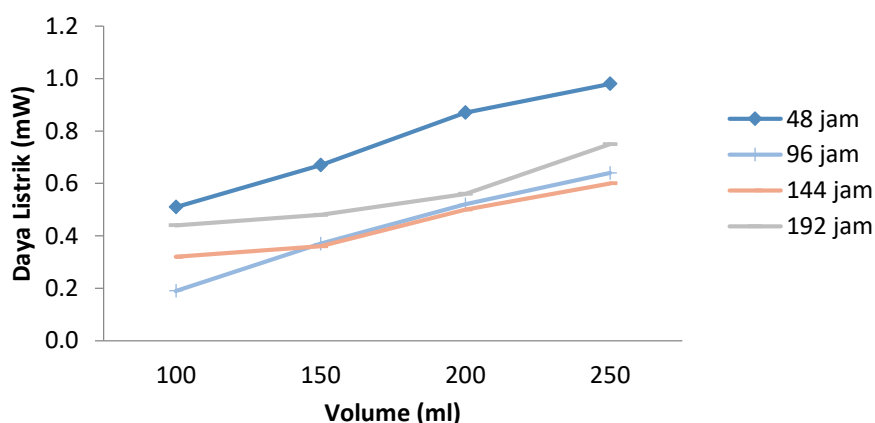
Berlandaskan pada tabel 4.6, pengaruh penambahan volume terhadap nilai tegangan listrik, arus listrik dan daya listrik yang dihasilkan dari bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi menggunakan LED merah dapat disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh variasi penambahan volume terhadap tegangan listrik bio-baterai sari tomat merah fermentasi menggunakan LED



Gambar 4.5 Grafik pengaruh variasi penambahan volume terhadap arus listrik bio-baterai sari tomat merah fermentasi menggunakan LED



Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi penambahan volume terhadap daya listrik bio-baterai sari tomat merah fermentasi menggunakan LED

Terlihat pada gambar 4.6, 4.7, serta gambar 4.8 merupakan grafik pengaruh penambahan volume sampel larutan terhadap nilai tegangan, arus serta daya listrik yang diperoleh bio- baterai larutan sari tomat merah dalam kondisi fermentasi memakai LED merah. Pada grafik di atas bisa diamati bahwa semakin besar jumlah volume larutan yang dipakai pada bio-baterai maka semakin besar pula nilai tegangan, arus serta daya listrik yang diperoleh.

Berlandaskan pada grafik, larutan sari tomat merah yang difermentasikan selama 48, 96, 144, dan 192 jam dengan variasi penambahan volume menunjukkan peningkatan dan penurunan nilai tegangan, arus dan daya listrik pada variasi waktu fermentasinya, dimana tegangan maksimum berada pada

Setelah didapat nilai besaran listrik dari sampel bio-baterai larutan sari tomat merah dalam keadaan fermentasi yang diukur dengan multimeter digital, berikutnya pada tabel 4. 7 dan 4. 8 disajikan penurunan tegangan serta arus listrik yang terjadi pada saat penyalaan lampu LED merah selama 3 jam. Ada pula hasil pengamatannya, dapat disajikan ke dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.7 Penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi menggunakan LED merah selama 3 jam

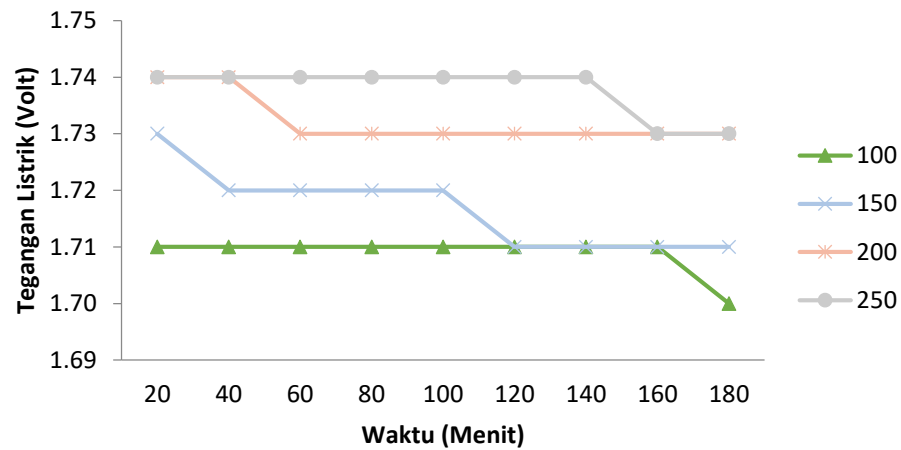
[illegible]

Tabel 4.8 Penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi dengan LED merah selama 3 jam

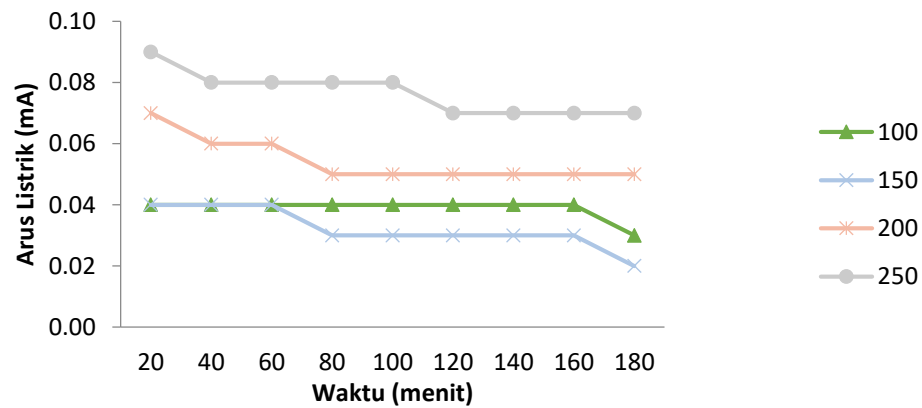
Waktu Fermentasi	Arus listrik (mA) pada menit ke-									Volume (ml)
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
48 jam	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	100
	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	150
	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	200
	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	250
96 jam	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	100
	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	150
	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	200
	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	250
144 jam	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	100
	0,13	0,12	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	150
	0,17	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,05	200
	0,26	0,19	0,17	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,12	250
192 jam	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	100
	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	150
	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	200
	0,20	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	250

Tabel 4.7 dan 4.8 terlihat bahwasannya penurunan tegangan dan arus listrik yang terjadi pada bio-baterai larutan sari tomat merah dalam keadaan fermentasi dengan pengukuran setiap 20 menit dalam 3 jam penyalaan lampu LED merah. Nilai arus dan tegangan listrik yang dihasilkan pada setiap waktu fermentasi mengalami penurunan tiap penambahan waktu dalam penyalaan LED selama 3 jam. Pada saat waktu fermentasi 48 jam, dalam volume 100 ml tegangan dan arus yang diperoleh saat 20 menit pertama sebesar 1,71 Volt dan 0,04 Ampere dan mengalami penurunan tegangan dan arus listrik hingga menit ke 180 yaitu sebesar 1,70 Volt dan 0,03 Ampere. Begitu juga untuk volume 150 ml hingga 250 ml, mengalami penurunan arus dan tegangan listrik setiap penambahan waktu, dan seterusnya.

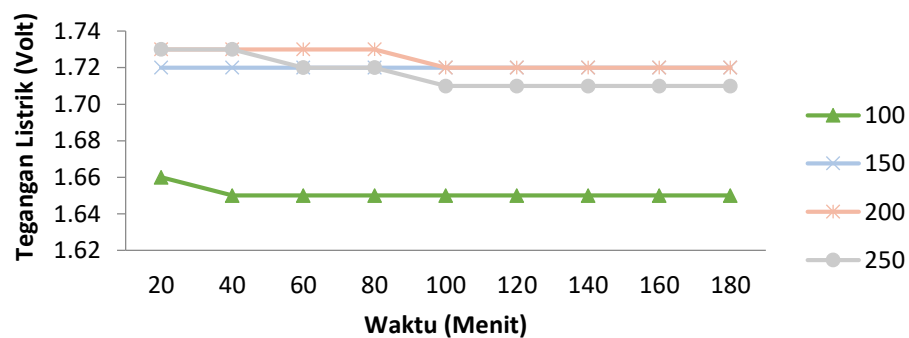
Berdasarkan Tabel 4.7 dan 4.8, penurunan tegangan dan arus listrik dari bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 48, 96, 144, dan 192 jam dengan pemberian LED merah selama 3 jam terdapat pada grafik di bawah ini.



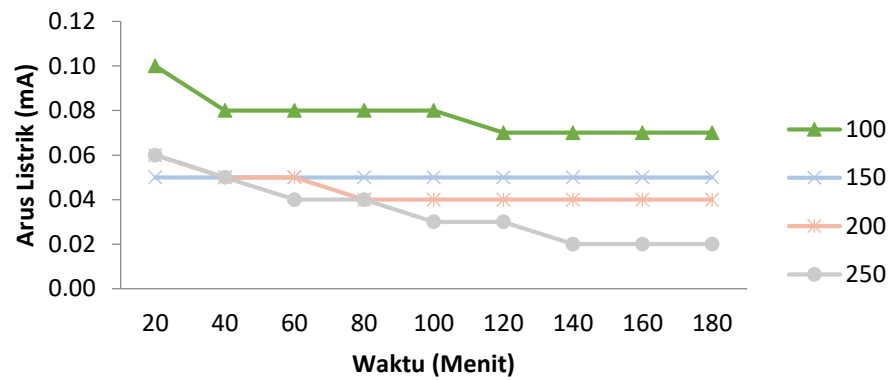
Gambar 4.7 Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 48 jam LED merah selama 3 jam



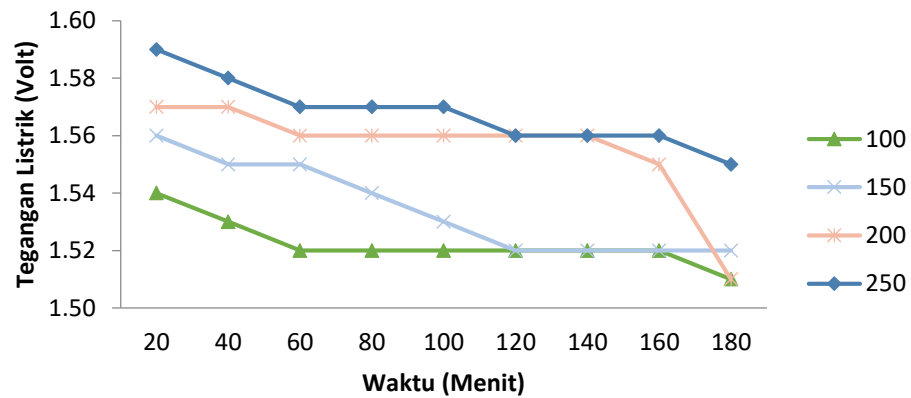
Gambar 4.8 Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 48 jam LED merah selama 3 jam



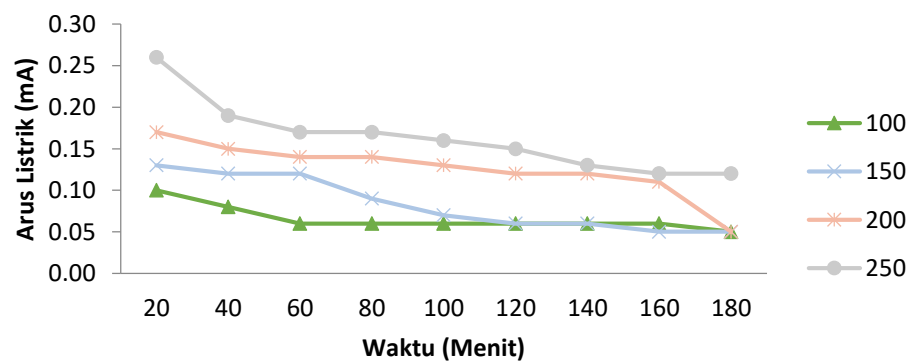
Gambar 4.9 Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 96 jam LED merah selama 3 jam



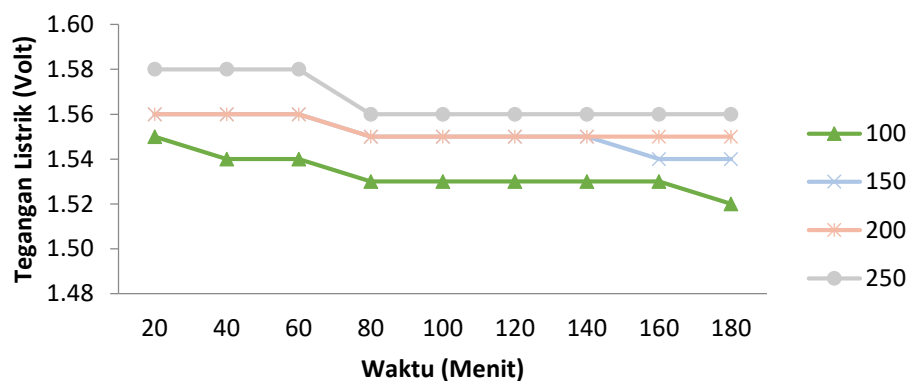
Gambar 4.10 Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 96 jam LED merah selama 3 jam



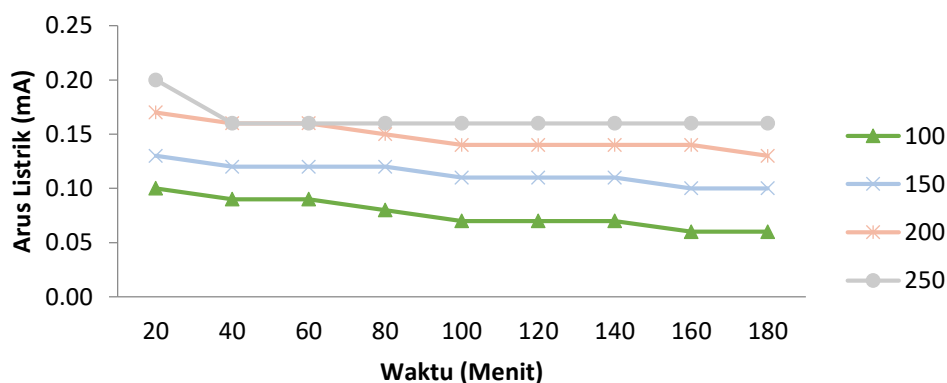
Gambar 4.11 Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 144 jam LED merah selama 3 jam



Gambar 4.12 Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 144 jam LED merah selama 3 jam



Gambar 4.13 Grafik penurunan tegangan listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 192 jam LED merah selama 3 jam



Gambar 4.14 Grafik penurunan arus listrik pada bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi 192 jam LED merah selama 3 jam

Pada bio-baterai dari berbagai sampel menggunakan LED merah, selama reaksi berlangsung terjadi perubahan nilai tegangan dan arusnya yang tidak terlalu besar dalam penyalaan LED 3 jam. Luas permukaan elektroda yang tercelup diusahakan senantiasa serupa pada pengukuran tiap sampel. Lempengan elektroda yang tercelup lama kelamaan dilapisi atau tertutup oleh susunan hasil oksidasi. Terus menjadi lama, susunan yang menutupi atau menyelimuti lempengan elektroda ini semakin menebal, sehingga nilai tegangan dan arusnya semakin kecil pada penambahan waktu dalam penyalaan LED selama 3 jam.

Berdasarkan prinsip sel volta, bila 2 elektroda berlainan dimasukkan ke dalam air elektrolit maka akan menciptakan tenaga listrik selaku hasil respon

kimia yang berlangsung spontan, respon kimia yang terjalin ialah respon redoks (reduksi- oksidasi). Pada anoda (Zn) terjalin respon oksidasi sebaliknya pada katoda (Cu) terjalin reduksi. Elektron lalu beralih dari anoda ke katoda. Dalam air elektrolit muatan dibawa oleh kation ke katoda serta oleh anion ke anoda. Respon ini lalu berjalan sampai menciptakan tenaga listrik, cara oksidasi yang terjalin dari bio-baterai sampel buah tomat merah segar menciptakan lapisan tipis yang melekat pada elektroda. Terus menjadi lama susunan ini terus menjadi tebal serta akan melambatkan proses oksidasi dari bio-baterai ini. Dengan begitu terjalin penyusutan arus serta tegangan dalam bio-baterai dengan penyalan lampu LED merah dalam waktu 3 jam, sehingga nilai arus serta tegangan yang dihasilkan semakin lama menjadi semakin kecil.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian analisis kelistrikan sel volta dengan memanfaatkan buah tomat sebagai energi alternatif bio-baterai yang telah dilakukan, didapat hasil pengukuran pH (tingkat keasaman) dari berbagai keadaan sampel larutan sari tomat merah segar, fermentasi 48 jam, 96 jam, 144 jam, dan 192 jam mengalami penurunan pH. Larutan sari tomat merah dalam keadaan segar memiliki pH 4,3. Sedangkan larutan tomat merah dalam keadaan fermentasi 48, 96, 144, dan 192 jam memiliki nilai pH berturut-turut yaitu 3,6; 3,5; 3,4; dan 3,3.

Pada sampel larutan sari tomat merah segar tanpa menggunakan LED menunjukkan nilai tegangan listrik terbesar berada pada volume 250 ml yaitu sebesar 2,10 Volt dan tegangan listrik terkecil terdapat pada volume 100 ml sebesar 1,82 Volt. Sedangkan pada sampel sari buah tomat segar memakai LED merah menghasilkan nilai besaran listrik terbesar terletak pada volume 250 ml dengan tegangan listrik sebesar 1,75 V, arus listrik sebesar 0,46 mA serta daya listrik sebesar 0,81 mW. Dan besaran listrik terkecil ada pada volume 100 ml dengan tegangan listrik 1,71 V, arus listrik 0,22 mA serta daya listrik 0,38 mW.

Pada sampel larutan sari tomat dengan berbagai variasi waktu fermentasi tanpa menggunakan LED memberikan nilai tegangan listrik terbesar berada di volume 250 ml untuk larutan sari tomat merah yg difermentasikan selama 192 jam dengan pH 3,3 yaitu sebanyak 2,35 Volt. Sedangkan tegangan listrik terkecil ada

pada waktu fermentasi 48 jam di volume 100 ml dengan pH 3,6 yaitu sebesar 1,95 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin besar juga nilai tegangan listrik yang didapatkan. pengaruh lama waktu fermentasi berhubungan dengan tingkat keasaman (pH) larutan, dimana semakin lama waktu fermentasi maka tingkat keasaman pada larutan tersebut semakin bertambah.

Sedangkan pada sampel larutan sari tomat merah dengan berbagai variasi waktu fermentasi menggunakan LED didapat bahwa waktu fermentasi 48 jam memiliki nilai besaran listrik yang terbesar dan besaran listrik terkecil terdapat pada saat waktu fermentasi 96 jam. Meskipun bio-baterai larutan sari tomat merah fermentasi ini mengalami penurunan pH pada tiap waktu fermentasinya, namun nilai tegangan, arus serta daya listrik yang dihasilkan mengalami peningkatan dan penurunan pada tiap waktu fermentasi dalam variasi volumenya. Hal ini terjadi karena sepanjang proses pengukuran, terjalin paparan oksigen pada larutan sari buah tomat sehingga terjadi oksidasi dimana ion *hydrogen* (H^+) terbebas. Menurut filosofi Arrhenius, ion *hydrogen* (H^+) ialah ion pembawa sifat asam sehingga pembebasan ion ini menyebabkan tingkatan keasaman buah tomat menyusut. Perihal ini pula mempengaruhi pada hasil tegangan serta arus yang diperoleh pada tiap durasi waktu fermentasi.

Buah tomat jua mengandung 50% gula-gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) yg jika didiamkan maka akan terjadi proses fermentasi. Selama proses fermentasi dihasilkan etanol. Etanol lama kelamaan terionisasi sebagai asam asetat yang artinya elektrolit lemah. Dengan kata lain ketidakstabilan nilai tegangan, arus dan daya listrik yg didapatkan selama variasi waktu fermentasi karena kandungan etanol yang dihasilkan berbeda-beda pada tiap sampel larutan bio-baterai pada waktu fermentasi tersebut. Menurut Suciati, dkk (2019) metode oksidasi pula menimbulkan tingkatan kerapatan ion- ion bermuatan listrik menurun disebabkan jumlah oksigen yang terus menjadi meningkat sehingga proses penghantaran arus listrik pada materi elektroda menjadi susah. Tidak hanya itu cara oksidasi ini menyebabkan korosi terjalin pada metal elektroda Zn yang dipakai yang pula menyebabkan hasil arus serta tegangan terus menjadi kecil disetiap penambahan waktu fermentasi.

Bio-baterai larutan sari tomat merah segar dan fermentasi dengan variasi penambahan volumenya menunjukkan peningkatan terhadap nilai tegangan, arus serta daya listriknya. Dimana semakin banyak volume larutan yang digunakan maka akan semakin tinggi nilai tegangan, arus serta daya listrik yg diperoleh dalam bio-baterai itu. pada sampel volume 250 ml larutan sari tomat merah dalam keadaan segar menghasilkan angka maksimal tegangan serta arus listrik sebanyak 1,75 V serta 0,46 mA dengan daya listrik 0,81 mW. pada sampel volume 250 ml dalam larutan sari tomat merah kondisi fermentasi 48 jam menghasilkan angka maksimal tegangan dan arus listrik sebesar 2,01 V serta 0,49 mA dengan daya listrik sebanyak 0,98 mW. Begitu juga pada larutan sari tomat merah fermentasi 96, 144, serta 192 jam dengan variasi penambahan volume yang menghasilkan nilai tegangan, arus serta daya listrik maksimum ada pada volume maksimum yaitu volume 250 ml. dan bisa disimpulkan bahwa penambahan volume sampel larutan bio-baterai memberikan peningkatan nilai tegangan, arus dan daya listrik yg didapatkan di bio-baterai tersebut.

Dalam bio-baterai dari berbagai sampel menggunakan LED merah, selama reaksi berlangsung terjadi penurunan nilai tegangan serta arus listrik yang tidak terlalu besar dalam penyalaan LED selama 3 jam. besar permukaan lempengan logam yang tercelup diusahakan sama untuk pengukuran tiap sampel. Lempengan elektroda yang tercelup lama kelamaan akan terlapisi akibat oksidasi. Semakin bertambahnya waktu, lapisan yang menutupi atau menyelimuti lempengan elektroda ini terus menjadi menebal, sehingga nilai tegangan dan arus listrik semakin kecil pada penambahan waktu dalam penyalaan LED selama tiga jam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Selesai dari dilakukannya penelitian terkait analisis kelistrikan sel volta dengan memanfaatkan buah tomat sebagai energi alternatif bio-baterai adapun kesimpulan yang diperoleh yakni:

1. Semakin lama waktu fermentasi larutan sari buah tomat merah maka kelistrikan bio-baterai saat menggunakan beban LED mengalami penurunan dan penambahan nilai arus, tegangan dan daya listriknya.
2. Semakin banyak volume larutan sari buah tomat merah segar maupun fermentasi maka semakin tinggi nilai arus, tegangan, dan daya listrik bio-baterai yang dihasilkan.
3. Seluruh sampel bio-baterai sari tomat buah merah mampu menyalakan LED selama 3 jam. Serta terjadi penurunan nilai tegangan dan arus listrik setiap 20 menit pertama hingga menit ke 180.

5.2 Saran

Adapun hal yang dapat disarankan dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Peneliti yang akan datang dapat menambahkan jumlah sel pada bio-baterai sehingga dapat memperbesar nilai arus serta tegangan listrik.
2. Peneliti yang akan datang dapat mempergunakan takaran ragi yang lebih optimal agar larutan dapat berfermentasi dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmarani, Suci. 2017. *Analisis Jeruk Dan Kulit Jeruk Sebagai Larutan Elektrolit Terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Atina. 2015. *Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah*. Jurnal Sainmatika. Vol 12(1):29-30.
- Darmiati, Iga Elysa. 2017. *Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter*. Skripsi. Universitas Jember.
- Elinur, Priyarson, Mangara, dan Firdaus. 2010. *Perkembangan Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia*. Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE). Vol 2(1):107.
- Hamid, Abdul. 2016. *Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat*. Skripsi. Universitas Jember.
- Hasbi Wahab, Nur. 2016. *Karakterisasi Zat Warna Tomat (Solanum Lycopersicum) Fraksi Metanol: N-Heksan Sebagai Photosensitizer Pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Skripsi. UIN Alauddin Makassar.
- Hendri, Gusnedi, dan Ratnawulan. 2015. *Pengaruh Jenis Kulit Pisang Dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan Dari Sel Accu Dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang*. Pillar of Physics. Vol 6:97-104.
- Imama, Riva'Atul. 2015. *Energi, Arus Dan Tegangan Listrik Bahan Elektrolit Berbentuk Agar-Agar Dari Limbah Buah dan Sayuran*. Skripsi. Universitas Jember.
- Imamah, Aisiyah Noor. 2013. *Efek Variasi Bahan Elektroda Serta Variasi Jarak Antar Elektroda Terhadap Kelistrikan yang Dihasilkan Oleh Limbah Buah Jeruk (Citrus sp)*. Skripsi. Universitas Jember.
- Jauharah, Wira Dian. 2013. *Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai*. Skripsi. Universitas Jember.
- Nurhabibah, Melda. 2018. *Pembelajaran Fisika Dasar Dan Elektronika Dasar (Arus, Hambatan Dan Tegangan Listrik) Menggunakan Aplikasi Matlab Metode Simulink*. Jurnal Ikatan Alumni Fisika UNIMED. Vol. 4(2).

- Nurmiati, 2016. *Analisis Pemanfaatan Kelistrikan Dari Limbah Sayur Dan Buah Sebagai Energi Listrik Alternatif Di Pasar Sungguminasa*. Skripsi. UIN Alauddin Makassar.
- Prasetyo, Pratama, dan Latriyanto. 2019. *Efek Tegangan Searah (DC) Terhadap Dewatering Pasta Tomat Menggunakan Metode Electroosmosis Dewatering*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem. Vol 7(2):257.
- Ridwan, Muhammad. 2016. *Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi*. Jurnal Kimia FST UIN- Ar-Raniry Banda Aceh. Vol. 2(1):177.
- Riskah, Andi Ashillah. 2018. *Desain Dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (ESI) Dengan Menggunakan Ionofor 1,10-Diaza-18-Crown-6 Untuk Analisis Kadar Logam Tembaga (Cu)*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Rizki, Ketrin Chintia. 2019. *Analisis Pengaruh Elektroplating Perak (Ag) Pada Tembaga (Cu) Terhadap Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Suciyati, Asmarani, dan Supriyanto. 2019. *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Vol. 7(1):7.
- Sumanzaya, Tri. 2019. *Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Sebagai Pasta Bio-Baterai*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Yulianti, Devi. 2016. *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Skripsi. Universitas Lampung.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Analisis dan Perhitungan

1.1 Perhitungan daya listrik pada bio-baterai larutan sari tomat segar

- Volume 100 ml
$$P = V.I$$
$$P = (1,71 \text{ V})(0,22 \text{ mA})$$
$$P = 0,38 \text{ mW}$$
- Volume 150 ml
$$P = V.I$$
$$P = (1,73 \text{ V})(0,27 \text{ mA})$$
$$P = 0,47 \text{ mW}$$
- Volume 200 ml
$$P = V.I$$
$$P = (1,74 \text{ V})(0,42 \text{ mA})$$
$$P = 0,73 \text{ mW}$$
- Volume 250 ml
$$P = V.I$$
$$P = (1,75 \text{ V})(0,46 \text{ mA})$$
$$P = 0,81 \text{ mW}$$

1.2 Perhitungan daya listrik pada bio-baterai larutan sari tomat fermentasi

- Fermentasi 48 Jam
 - Volume 100 ml
$$P = V.I$$
$$P = (1,81 \text{ V})(0,28 \text{ mA})$$
$$P = 0,51 \text{ mW}$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,86 \text{ V})(0,36 \text{ mA})$$

$$P = 0,67 \text{ mW}$$

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,90 \text{ V})(0,46 \text{ mA})$$

$$P = 0,87 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (2,01 \text{ V})(0,49 \text{ mA})$$

$$P = 0,98 \text{ mW}$$

- Fermentasi 96 Jam

- Volume 100 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,75 \text{ V})(0,11 \text{ mA})$$

$$P = 0,19 \text{ mW}$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,77 \text{ V})(0,21 \text{ mA})$$

$$P = 0,37 \text{ mW}$$

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,81 \text{ V})(0,29 \text{ mA})$$

$$P = 0,52 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,84 \text{ V})(0,35 \text{ mA})$$

$$P = 0,64 \text{ mW}$$

- Fermentasi 144 Jam

- Volume 100 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,69 \text{ V})(0,19 \text{ mA})$$

$$P = 0,32 \text{ mW}$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,70 \text{ V})(0,21 \text{ mA})$$

$$P = 0,36 \text{ mW}$$

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,71 \text{ V})(0,29 \text{ mA})$$

$$P = 0,50 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,72 \text{ V})(0,35 \text{ mA})$$

$$P = 0,60 \text{ mW}$$

- Fermentasi 192 Jam

- Volume 100 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,71 \text{ V})(0,26 \text{ mA})$$

$$P = 0,44 \text{ mW}$$

- Volume 150 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,72 \text{ V})(0,28 \text{ mA})$$

$$P = 0,48 \text{ mW}$$

- Volume 200 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,74 \text{ V})(0,32 \text{ mA})$$

$$P = 0,56 \text{ mW}$$

- Volume 250 ml

$$P = V.I$$

$$P = (1,75 \text{ V})(0,43 \text{ mA})$$

$$P = 0,75 \text{ mW}$$

Lampiran 2: Alat Penelitian dan Bahan Penelitian

Stopwatch



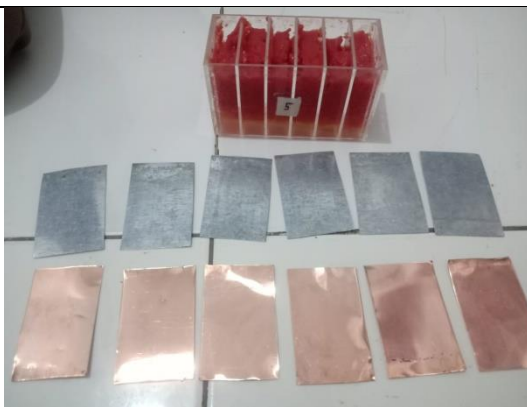
Pisau



Gelas Ukur



pH meter



Plat Logam Cu dan Zn



Wadah Akrilik



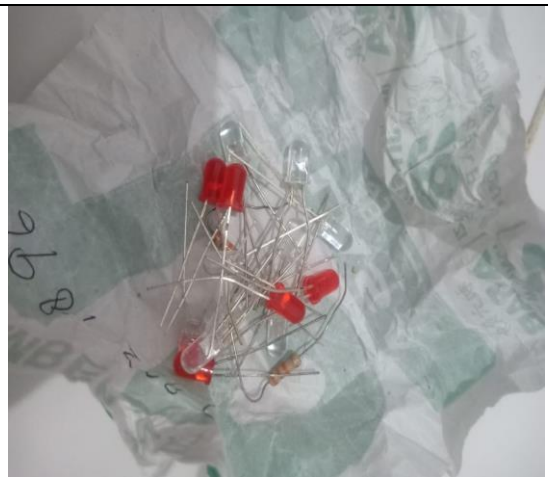
Buah Tomat Merah



Ragi



Kabel Penjepit Buaya



LED



Multimeter Digital



Blender



Saringan

Lampiran 3: Pembuatan sampel Bio-baterai

Buah tomat merah dicuci



Tomat di potong-potong



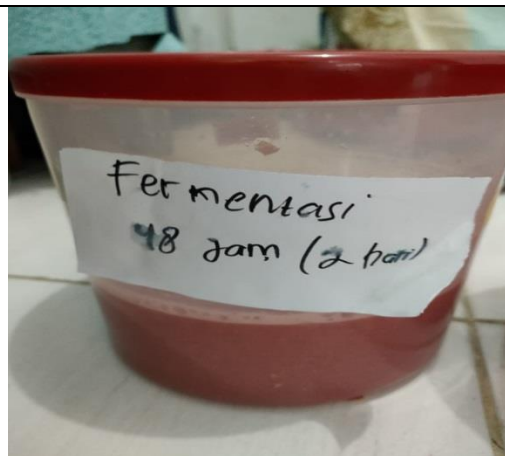
Tomat di blender



Penyaringan buah tomat merah



Penambahan ragi pada sampel sari tomat fermentasi

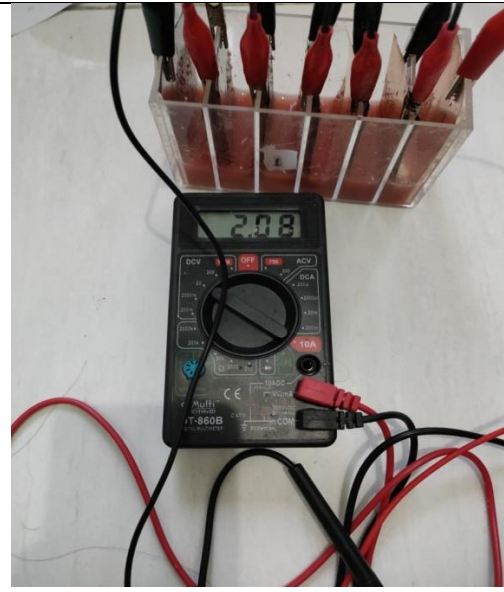


Penyimpanan sampel tomat fermentasi

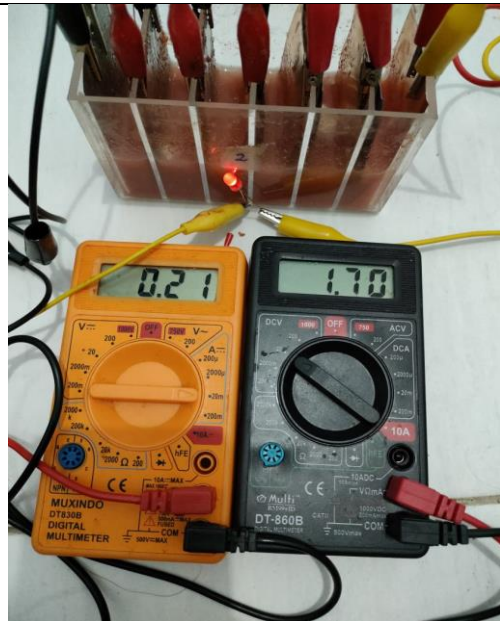
Lampiran 4: Pengukuran



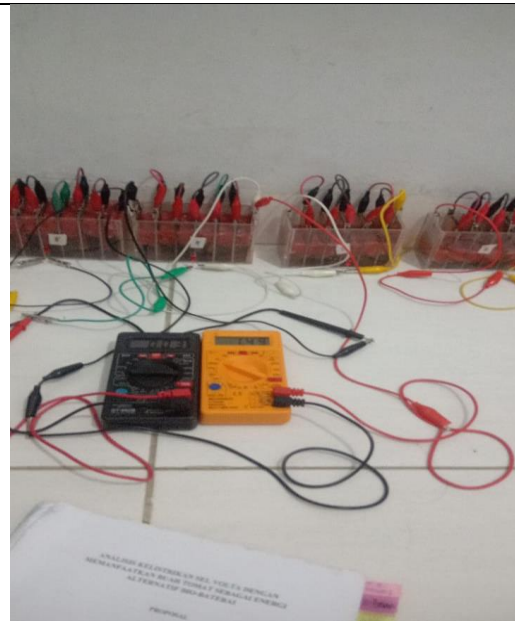
Pengukuran pH larutan sampel



Pengukuran tegangan listrik tanpa LED



Pengukuran besaran listrik menggunakan LED merah



Kemampuan menyalakan LED

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nadjara Yolanda adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 24 Juli 1998, di Medan. Kecamatan Medan Denai. Kabupaten Kota Medan. Penulis merupakan anak ke 2 dari 3 bersaudara, dari pasangan Alm Zainal Abidin dan Marini. Penulis pertama kali masuk pendidikan di SD Muhammadiyah 07. Setelah tamat di SMP Negeri

Medan 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.

Berkat petunjuk dan pertolongan Allah SWT, usaha dan disertai doa dari kedua orang tua dalam menjalani aktivitas akademik di perguruan tinggi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul “Analisis Kelistrikan Sel Volta dengan Memanfaatkan Buah Tomat Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai”.