

**PEMBUATAN BIOBATERAI BERBAHAN KULIT NENAS
(*ANANAS COMOSUS*) DENGAN MEMVARIASIKAN
ELEKTRODA**

SKRIPSI

**RAHMASARI POHAN
0705162010**



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

**PEMBUATAN BIOBATERAI BERBAHAN KULIT NENAS
(ANANAS COMOSUS) DENGAN MEMVARIASIKAN
ELEKTRODA**

SKRIPSI

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

**RAHMASARI POHAN
0705162010**



**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 : Rahmasari Pohan
Nomor Induk Mahasiswa : 0705162010
Program Studi : Fisika
Judul : Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas
(*Ananas comosus*) Dengan Memvariasikan
Elektroda

dapat disetujui untuk segera *dimunqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

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 : Rahmasari Pohan
Nomor Induk Mahasiswa : 0705162010
Program Studi : Fisika
Judul : Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas
(*Ananas comosus*) Dengan Memvariasikan
Elektroda

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian 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



Rahmasari Pohan
NIM. 0705162010



**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: 070/ST/ST.V.2/PP.01.1/04/2021

Judul : Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas
(*Ananas comosus*) Dengan Memvariasikan
Elektroda

Nama : Rahmasari Pohan

Nomor Induk Mahasiswa : 0705162010

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi UIN 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/h

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,

Mulkan Iskandar Nasution, M.Si.

NIB. 1100000120

Penguji IV,

Ratni Sirait, M.Pd.

NIB. 1100000072

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196609051991031002

PEMBUATAN BIOBATERAI BERBAHAN KULIT NENAS (*ANANAS COMOSUS*) DENGAN MEMVARIASIKAN ELEKTRODA

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan (i) untuk mengetahui pengaruh variasi volume terhadap nilai tegangan, arus listrik, dan daya listrik, (ii) untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda terhadap nilai tegangan, arus listrik, dan daya listrik, dan (iii) untuk mengetahui penurunan tegangan dan arus listrik biobaterai larutan sari kulit nenas saat digunakan untuk menyalakan lampu LED merah. Sampel yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan sari kulit nenas. Elektroda yang digunakan: Cu sebagai katoda dan Al, Fe, dan Zn sebagai Anoda, dengan ketebalan yang sama yaitu 0,2 mm dan ukuran 4×7 cm. Volume larutan sari kulit nenas dalam penelitian ini adalah 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Penelitian dilakukan pada suhu dan kelembaban ruangan yang sama. Pengukuran kadar keasaman larutan sari kulit nenas dengan pH meter. Sifat kelistrikan yang akan diteliti adalah nilai tegangan, arus, daya listrik. Beban yang digunakan untuk mengukur penurunan tegangan dan arus listrik biobaterai larutan sari kulit nenas adalah LED merah. Variasi volume sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Semakin banyak volume larutan yang digunakan maka semakin besar nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena, jumlah ion dari suatu larutan berbanding lurus dengan nilai konduktivitasnya. Variasi elektroda sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Hal ini dikarenakan reaksi yang terjadi antara unsur penyusun pasangan logam sebagai elektroda dengan larutan sari kulit nenas sebagai elektrolit, sehingga semakin banyak elektroda yang tercelup ke dalam larutan maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar. Pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan tegangan, arus, dan daya yang paling besar yaitu 1,58 V; 0,26 mA; 0,41 mW pada volume 250 ml, dibandingkan dengan pasangan elektroda Cu-Fe dan Cu-Al. Lama waktu nyala lampu LED merah saat diaplikasikan pada biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan pasangan elektroda Cu-Zn dan Cu-Fe adalah 1 jam, berbeda dengan saat menggunakan pasangan elektroda Cu-Al bahwa lampu hanya mampu dalam 10 menit.

Kata-kata kunci: arus, biobaterai, elektroda, sari kulit nenas, dan tegangan

MANUFACTURE OF BIOBATERIES MADE FROM PINEAPPLE SKIN (ANANAS COMOSUS) VARYING ELECTRODE

ABSTRACT

Research has been carried out aimed at (i) to determine the effect of volume variations on the value of voltage, electric current, and electric power, (ii) to determine the effect of electrode variations on the value of voltage, electric current, and electric power, and (iii) to determine the decrease voltage and electric current of the pineapple peel juice solution when used to turn on the red LED light. The sample used as an electrolyte was a solution of pineapple peel extract. The electrodes used were: Cu as cathode and Al, Fe, and Zn as anode, with the same thickness of 0.2 mm and size of 4 × 7 cm. The volume of pineapple peel juice solution in this study was 50, 100, 150, 200, and 250 ml. The research was carried out at the same room temperature and humidity. Measurement of the acidity level of the pineapple peel juice solution with a pH meter. The electrical properties that will be studied are the values of voltage, current, and electric power. The load used to measure the voltage drop and electric current of the pineapple peel juice solution is a red LED. Volume variations greatly affect the value of voltage, current and electric power. The more volume of solution used, the greater the value of the voltage, current, and electrical power produced. This happens because, the number of ions from a solution is directly proportional to the value of its conductivity. The variation of the electrodes greatly affects the value of voltage, current and electric power. This is due to the reaction that occurs between the constituent elements of the metal pair as electrodes and the pineapple skin extract solution as an electrolyte, so that the more electrodes that are immersed in the solution, the greater the voltage and current generated. The Cu-Zn electrode pairs produce the greatest voltage, current, and power, namely 1,58 V; 0,26 mA; 0,41 mW at a volume of 250 ml, compared to the Cu-Fe and Cu-Al electrode pairs. The duration of the red LED light when applied to the bio-battery of pineapple skin extract solution using Cu-Zn and Cu-Fe electrode pairs is 1 hour, in contrast to when using Cu-Al electrode pairs that the lamp is only capable of 10 minutes.

Keywords: *current, bio-battery, electrodes, pineapple peel extract, and voltage*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains dalam Program Studi Fisika.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi tidak lepas dari adanya kerjasama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan 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.
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 I yang meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Masthura, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II dan Penasehat Akademik yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. 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.
8. Kedua orang tua Ayahanda alm. Rabbani Pohan, Ibunda tercinta Kermin Tumanggor beserta Kakak/Abang (Jarman Pohan, Aries Sunarti Pohan, Swarni

Pohan, Mayastuti Pohan, Julfahmi Pohan, dan Sity Hartinah Pohan) yang selalu mendoakan dan memberi dukungan pada penulis.

9. Rekan-rekan terdekat (Sintiya Indah Mulia, Dhina Indriani Damanik, Lailatul Husna, Leli Mariati Situmorang, Riri Angriani Nasution, Isma Hidayati, Widia Arti Syafitri Sitorus, Fitriani Sagala) yang telah menjadi teman baik.
10. Rekan-rekan Fisika-1 Stambuk 2016 yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis. Semoga sukses di masa mendatang dan berguna bagi bangsa, negara, dan agama.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri.

Medan, 26 Maret 2021

Penulis,



Rahmasari Pohan

DAFTAR ISI

	Halaman
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	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
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	5
2.1 Morfologi Buah Nenas	5
2.2 Kulit Nenas	6
2.3 Energi	8
2.4 Kelistrikan	8
2.4.1 Konduktivitas Listrik.....	8
2.4.2 Arus Listrik	9
2.4.3 Tegangan Listrik	9
2.4.4 Daya Listrik	10
2.5 Elektrokimia	10
2.5.1 Reaksi Reduksi-Oksidasi.....	11
2.5.2 Elektroda.....	12

2.6 Sel Galvani	15
2.7 Baterai	16
2.8 Derajat Keasaman (pH)	17
2.9 Penelitian yang Relevan	17
2.10 Hipotesis Penelitian.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	20
3.1.2 Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.2.1 Alat Penelitian	20
3.2.2 Bahan Penelitian	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Tahap Persiapan	23
3.4.2 Tahap Pengambilan Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Penelitian	26
4.1.1 Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al	26
4.1.2 Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe	33
4.1.3 Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn.....	39
4.2 Pembahasan Penelitian.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Kandungan Gizi Kulit Buah Nenas	7
2.2	Potensial Elektroda Standar	13
4.1	Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Tanpa LED	26
4.2	Hasil Pengamatan Besaran Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED.....	27
4.3	Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED	30
4.4	Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED	31
4.5	Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Tanpa LED	33
4.6	Hasil Pengamatan Besaran Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED.....	34
4.7	Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED	37
4.8	Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED	38
4.9	Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Tanpa LED.....	39
4.10	Hasil Pengamatan Besaran Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED	40
4.11	Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED	43
4.12	Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Buah Nenas	6
2.2	Kulit Buah Nenas	7
2.3	Proses Transfer Elektron Pada Baterai	11
2.4	Skala pH	17
3.1	Diagram Alir Pembuatan Dan Pengujian Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas.....	22
3.2	Skema Rangkaian Biobaterai	23
3.3	Desain prototipe Biobaterai.....	24
4.1	Grafik Pengaruh Elektroda Cu-Al Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Tanpa LED.....	27
4.2	Grafik Hasil Tegangan Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED.....	28
4.3	Grafik Hasil Arus Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED.....	28
4.4	Grafik Hasil Daya Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED.....	29
4.5	Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED.....	31
4.6	Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED	32
4.7	Grafik Pengaruh Elektroda Cu-Fe Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Tanpa LED.....	33
4.8	Grafik Hasil Tegangan Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED.....	34
4.9	Grafik Hasil Arus Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED.....	35

4.10	Grafik Hasil Daya Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED.....	35
4.11	Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED.....	37
4.12	Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED	38
4.13	Grafik Pengaruh Elektroda Cu-Zn Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Tanpa LED.....	40
4.14	Grafik Hasil Tegangan Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED	41
4.15	Grafik Hasil Arus Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED	41
4.16	Grafik Hasil Daya Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED	42
4.17	Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED.....	44
4.18	Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Analisis dan Perhitungan	53
2	Alat dan Bahan Penelitian	55
3	Proses Pembuatan Larutan Elektrolit Sari Kulit Nenas	57
4	Rangkaian Alat dan Bahan Penelitian	58
5	Hasil Pengukuran	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan sumber energi saat ini semakin meningkat. Dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk kebutuhan rumah tangga hingga kebutuhan komersial, hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Untuk itu perlu ditingkatkan pencarian sumber energi alternatif lain. Energi alternatif merupakan energi ramah lingkungan yang dapat diperbaharui melalui pemanfaatan limbah organik seperti sayur-sayuran dan buah-buahan (Khairiah, 2017).

Buah-buahan mengandung zat seperti asam askorbat, asam sitrat, dan NADH (Nikotinamida Adenosin Dinukleotida Hidrogen) sebagai penghasil energi sel, yang dalam kondisi tertentu bahan kimia tersebut bertindak sebagai elektrolit. Begitu juga dengan sayur-sayuran yang memiliki kandungan seperti asam, basa, dan air. Ketika buah dan sayuran mulai membusuk, terjadi proses kimia yang dikenal sebagai fermentasi. Selama proses ini, buah-buahan dan sayuran menghasilkan asam lebih yang meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayuran (Wira Dian Jauharah, 2013).

Dari sifat kelistrikan yang mengandung banyak elektrolit dari limbah buah-buahan dan sayur-sayuran tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif terbarukan yang berupa biobaterai sebagai pengganti baterai. Sayur-sayuran dan buah-buahan menjadi sasaran pemanfaatan energi alternatif dikarenakan sumber energi listrik yang berasal dari batu bara dan minyak bumi, tidak ramah lingkungan, karena menimbulkan polusi udara dan untuk memperbaharuinya memerlukan waktu yang lama (Atina, 2015).

Biobaterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik bersumber dari makhluk hidup. Biobaterai dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda tegangan. Namun jika energi dari baterai tersebut sudah habis, maka baterai

tersebut bisa menjadi polusi dan mencemarkan lingkungan karena baterai termasuk limbah non-organik, sehingga tidak bisa diuraikan. Jika limbah tersebut tidak bisa diolah kembali dengan baik maka akan menyebabkan kerusakan lingkungan (Nelmi Agustina dkk., 2018).

Ulfa Mahfudi dkk., (2012) dalam penelitiannya terkait Demonstrasi sel volta buah nenas (*Ananas comosus L. Merr*). Pada penelitian ini menggunakan elektroda Cu dan Zn. Variasi volume larutan yang digunakan adalah sebesar 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, dan 1000 ml. Variasi jarak yang dipakai adalah 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 cm dengan lempeng seluas 2 cm × 10 cm. Hasil dari penelitian ini bahwa larutan tanpa disaring maupun disaring menghasilkan tegangan 950 mV hingga 5 jam, dan cenderung menurun pada waktu 6 jam sampai 12 hari dengan tegangan 50 mV. Dapat disimpulkan salah satu jenis buah yang menghasilkan tegangan cukup tinggi adalah buah nenas.

Shinta Marito Siregar (2017) melakukan penelitian terkait pengaruh bahan elektroda terhadap kelistrikan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai solusi energi alternatif ramah lingkungan bertujuan untuk menghasilkan baterai aki basah yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai elektrolit dan beberapa logam sebagai pasangan elektroda. Penelitian ini menggunakan 6 pasang plat elektroda dan 400 ml larutan belimbing wuluh yang disusun secara seri dengan hambatan 5 ohm. Pada pasangan elektroda tembaga-seng nilai tegangannya lebih tinggi dari pasangan elektroda yang lain yaitu sebesar 3 volt dan ini berbanding lurus dengan nilai kuat arus yang dihasilkan sebesar 0,6 ampere, sedangkan besar tegangan yang paling kecil dihasilkan oleh pasangan elektroda tembaga-timah sebesar 1,5 volt dan kuat arus sebesar 0,3 ampere.

Sri Wahyu Suciati dkk., (2019) melakukan penelitian terkait menganalisis buah jeruk sebagai larutan elektrolit sel volta. Pada penelitian menggunakan elektroda Cu dan Zn dengan volume larutan 50 ml. Larutan elektrolit dengan variasi buah jeruk dalam waktu fermentasi 48 jam. Pengukuran dengan menggunakan beban 1000 Ω dengan hasil terbaik yaitu 2,369 mW, 0,762 mA, dan 3,11 V. Pengukuran dengan penambahan LED, hasil terbaik nilai daya 7,144 mW dan 8,534 mW.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis berkeinginan melakukan penelitian mengenai “Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas (*Ananas comosus*) Dengan Memvariasikan Elektroda”. Sehingga dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data yang dapat memberikan gambaran elektrolit terbaik dari analisis kelistrikan yang dihasilkan larutan sari kulit nenas dengan variasi elektroda Cu (Tembaga), Zn (Seng), Al (Aluminium), dan Fe (Besi) serta penyalakan lampu LED merah dari sari kulit nenas.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi volume terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik?
2. Bagaimana pengaruh variasi elektroda terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik?
3. Bagaimana penurunan tegangan dan arus listrik biobaterai larutan sari kulit nenas saat digunakan untuk menyalakan lampu LED merah?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan sari kulit nenas.
2. Elektroda yang digunakan: Cu sebagai katoda dan Al, Fe, dan Zn sebagai Anoda, dengan ketebalan yang sama yaitu 0,2 mm dan ukuran 4×7 cm.
3. Volume larutan sari kulit nenas dalam penelitian ini adalah 50, 100, 150, 200, dan 250 ml.
4. Penelitian dilakukan pada suhu dan kelembaban ruangan yang sama.
5. Pengukuran kadar keasaman larutan sari kulit nenas dengan pH meter.
6. Sifat kelistrikan yang akan diteliti adalah nilai tegangan, arus, daya listrik.
7. Beban yang digunakan untuk mengukur penurunan tegangan dan arus listrik biobaterai larutan sari kulit nenas adalah LED merah.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi volume terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik.
3. Untuk mengetahui penurunan tegangan dan arus listrik biobaterai larutan sari kulit nenas saat digunakan untuk menyalakan lampu LED merah.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Masyarakat dapat memperoleh energi listrik yang terbarukan dengan optimalisasi penggunaan kulit nenas.
2. Dapat mengetahui kuat arus, tegangan, dan daya listrik pada larutan sari kulit nenas.
3. Mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil dengan beralih kepada biobaterai dan menjadikan energi listrik alternatif sebagai pengganti baterai yang ramah lingkungan dan mudah digunakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Morfologi Buah Nenas

Tumbuhan merupakan salah satu ciptaan Allah SWT yang dapat memberi manfaat kepada makhluk-Nya, baik kepada manusia maupun hewan. Dalam Al-Qur'an Allah berfirman:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?" (Q.S. Asy-Syu'ara (26) :7).

Berdasarkan ayat di atas, Al-Muyassar/Kementerian Agama Saudi Arabia menafsirkan "bahwa segala jenis yang bermanfaat yang tidak mungkin ditumbuhkan oleh selain Allah". Dari ayat maupun tafsir tersebut merupakan pertanda atas kekuasaan dan anugerah-Nya yang tak terhingga kepada manusia.

Tanaman nenas merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki banyak kandungan. Tanaman nenas (*Ananas comosus*) termasuk famili Bromeliaceae ordo Poales, merupakan buah yang berasal dari Amerika selatan. Buah nenas cukup banyak di Indonesia. Rasanya yang sedikit asam dan manis menyegarkan digemari anak-anak maupun orang dewasa. Buah ini mengandung cukup banyak air. Kandungan gizi buah nenas sangat baik bagi kesehatan tubuh. Terutama pada sistem kekebalan tubuh dan pertumbuhan. Di antaranya vitamin A, vitamin C, fosfor, kalsium, kalium, protein, bromelin, natrium, zat besi, magnesium, dan serat (Prasetio, 2015 dalam Siti Juriah, 2018).



Gambar 2.1 Buah Nenas

Menurut *National Center for Biotechnology Information* (2017) dikutip dalam Siti Juariah (2018) tumbuhan nenas diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : *Viridiplantae*
Filum : *Streptophyta*
Class : *Liliopsida*
Ordo : *Poales*
Family : *Bromeliaceae*
Genus : *Ananas*
Spesies : *Ananas Comosus(L) Merr*

2.2. Kulit Nenas

Dari berbagai macam pengolahan nenas seperti selai, manisan, sirup, dan lain-lain maka akan didapatkan kulit yang cukup banyak sebagai hasil buangan atau limbah. Limbah industri nenas kebanyakan belum termanfaatkan secara baik dan berdaya guna, hal ini apabila penanganan limbah kurang tepat, maka akan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu pemanfaatan kulit nenas ini dengan pembuatan biobaterai.



Gambar 2.2 Kulit Buah Nenas

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Kulit Buah Nenas

Kandungan Gizi	Jumlah (%)
Kadar Air	81,72
Serat Kasar	20,87
Karbohidrat	17,53
Gula Reduksi	13,65
Protein	4,41

(Sumber: Ibrahim dan Mutia, 2016)

Dalam Al-Qur'an Allah SWT juga berfirman pada surat Ali-Imran (3):191

... رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ ...

Artinya: "... Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau ..." (Q.S. Ali-Imran (3):191).

Berdasarkan ayat di atas bahwa segala apa yang diciptakan oleh Allah SWT tidaklah sia-sia. Sesungguhnya Allah Maha Kuasa menciptakan bumi dengan segala isinya seperti halnya menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang beraneka ragam dengan khasiat dan manfaat yang beragam pula. Segala ciptaan Allah SWT yang ada di bumi ini tidak lain adalah nikmat yang patut disyukuri dengan memanfaatkannya sebaik mungkin serta melakukan eksplorasi sebaik mungkin terhadap ciptaan-Nya sehingga dapat benar-benar merasakan tanda kekuasaan Allah dan menambah keimanan (Al Maraghi, 1993 dalam Kurnia, 2017).

2.3. Energi

Energi merupakan sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan namun dapat dirasakan adanya. Energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu benda atau alat untuk melakukan kerja atau usaha. Energi bersifat kekal, yang artinya energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan namun dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk lain. Besar energi listrik yang ditransfer oleh suatu rangkaian listrik tertutup disebut daya listrik, yang merupakan energi listrik mengalir dalam setiap satuan waktu (detik). Dengan persamaan:

$$W = V I t \quad (2.1)$$

Di mana W merupakan energi listrik (Joule), V merupakan tegangan listrik (Volt), I merupakan arus listrik (A), dan t merupakan waktu (detik atau s) (Kadir, 1995 dalam Dian Jauharah, 2013).

2.4. Kelistrikan

Kelistrikan merupakan sifat benda yang muncul dari adanya muatan listrik. Listrik bermuatan positif dan negatif. Suatu benda bermuatan listrik negatif apabila kelebihan elektron, sebaliknya bermuatan listrik positif jika kekurangan elektron. Secara alami, muatan listrik positif selalu mengalir dari titik berpotensi tinggi ke rendah. Dalam kelistrikan kita sering mendengar beberapa kata yang berhubungan dengan listrik, yakni konduktivitas listrik, daya listrik, arus listrik, beda potensial dan beberapa alat yang digunakan dalam mengukur besar dari listrik tersebut seperti Amperemeter, Voltmeter, dan Ohmmeter.

2.4.1. Konduktivitas Listrik

Konduktivitas Listrik adalah ukuran dari kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Arus listrik di dalam larutan dihantarkan oleh ion yang terkandung di dalamnya. Ion memiliki karakteristik tersendiri dalam menghantarkan arus listrik. Maka dari itu nilai konduktivitas listrik hanya menunjukkan konsentrasi ion total dalam larutan. Banyaknya ion di dalam larutan juga dipengaruhi oleh padatan terlarut di dalamnya. Semakin besar jumlah padatan terlarut di dalam larutan

maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas listrik juga akan semakin besar (Fadhillah Irwan dkk., 2016).

2.4.2. Arus Listrik

Arus listrik dapat mengalir dikarenakan adanya muatan listrik yang bergerak melalui penghantar dalam setiap detik. Dalam satuan SI, kuat arus I diukur dalam satuan Ampere, disingkat dengan A.

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

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

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.3)$$

Dengan R menyatakan hambatan pengantar, dalam SI, satuannya diukur dalam ohm, dilambangkan dengan Ω . Satu ohm hambatan sama dengan satu volt per satu ampere (Tobing, 1996 dalam Dian Jauharah, 2013).

2.4.3. Tegangan Listrik

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial (*voltage*) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal atau kutub ke terminal atau kutub lainnya, atau pada kedua terminal atau kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan atau memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat disederhanakan bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan.

$$V = \frac{W}{Q} \quad (2.4)$$

Dimana V adalah beda potensial dengan satuan Joule/Coulomb (V) (Irwan dan Wahri, 2015).

2.4.4. Daya Listrik

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

$$P = V I \quad (2.5)$$

Hilangnya energi sebagai akibat tumbukan berulang antara muatan yang mengalir dengan atom-atom dari resistor. Akibatnya, atom mungkin bergetar dari posisi keseimbangannya. Peristiwa hilangnya energi dalam resistor akan berubah wujud menjadi panas (Tobing, 1996 dalam Dian Jauharah, 2013).

2.5. Elektrokimia

Pada abad ke-16 sampai 17 elektrokimia lebih membahas prinsip-prinsip kimia yang berhubungan dengan sifat kemagnetan. Pembahasan kemudian beralih pada teori-teori tentang konduktivitas, muatan listrik serta metode matematika yang digunakan untuk menjelaskan fenomena-fenomena tersebut. Saat ini, elektrokimia merupakan cabang ilmu kimia yang membahas tentang reaksi-reaksi kimia yang terjadi pada antarmuka elektroda dan elektrolit, dimana pada proses tersebut terjadi proses transfer elektron antara material elektroda dengan spesies-spesies dalam material elektrolit.

Selanjutnya elektrokimia telah menjadi bidang riset tersendiri yang meliputi riset tentang baterai dan sel bahan bakar (*fuel cell*), riset tentang pencegahan korosi material serta riset-riset tersendiri tentang pengembangan metode permurnian logam dari hasil tambang melalui proses elektrolisis maupun elektroforesis (Whydiantoro dkk., 2019).

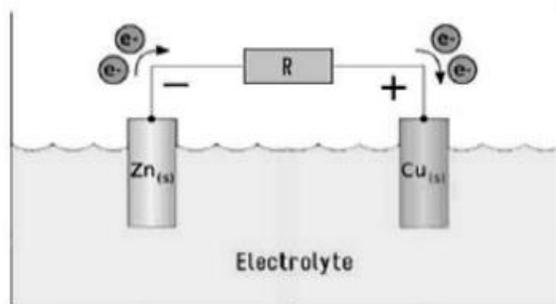
Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari tentang perpindahan elektron yang terjadi pada sebuah media pengantar listrik (elektroda). Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini disebabkan karena elektroda tersebut akan dialiri oleh arus listrik sebagai sumber energi dalam pertukaran elektron. Konsep elektrokimia didasari oleh reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Reaksi redoks merupakan gabungan dari reaksi

reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar pada sel elektrokimia (Muhammad Ridwan, 2016).

2.5.1. Reaksi Reduksi-Oksidasi

Reaksi reduksi dan oksidasi adalah reaksi dengan perpindahan elektron dari satu senyawa ke senyawa lain, misalnya $\text{Cu} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{Ag}$. Selain itu, oksidator adalah penerima elektron dan reduktor adalah pemberi elektron. Transformasi yang mengubah atom netral menjadi ion positif berlangsung dengan melepaskan elektron yang disebut dengan proses oksidasi.

Demikian pula, transformasi unsur netral menjadi anion harus diikuti oleh penambahan elektron yang disebut proses reduksi. Reaksi reduksi berlangsung pada katoda dan reaksi oksidasi berlangsung pada anoda seiring dengan reaksi redoks tersebut, dalam sel baterai terjadi proses difusi ion dalam larutan dari katoda ke anoda dan pada rangkaian luar terjadi transfer elektron dari anoda ke katoda (Sahrul Hidayat dkk., 2016).

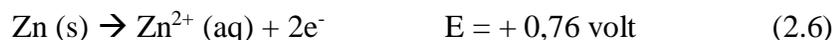


Gambar 2.3 Proses transfer elektron pada baterai

(Sumber: Kartadjaja dkk., 2008 dalam Asmarani, 2017)

Apabila dua elektroda memiliki beda potensial dihubungkan melalui cairan elektrolit maka arus listrik akan mengalir melalui kedua elektroda tersebut. Peristiwa ini sama dengan prinsip kerja baterai (Giancoli, 1998 dalam Sumanzaya, 2019). Apabila dua elektroda misalnya elektroda Zn dan elektroda Cu dihubungkan dengan

kawat dan terhubung dengan lampu dan jembatan garam, maka logam Zn akan teroksidasi menjadi Zn^{2+} dengan persamaan:



Elektron yang dihasilkan oleh logam Zn mengalir melalui lampu menuju ke arah elektroda Cu. Kemudian, elektron yang ditangkap oleh ion Cu dalam larutan $CuSO_4$ terjadi persamaan:



Cu yang dihasilkan akan mengendap pada katoda dan menjadi kutub positif sedangkan logam Zn menjadi kutub negatif karena mengalami oksidasi (anoda). Perpindahan elektron ini menyebabkan larutan di anoda kelebihan muatan positif dengan bertambahnya ion Zn. Larutan di katoda akan kelebihan muatan negatif karena berkurangnya ion Cu. Untuk menetralkan muatan listrik, maka dipasang jembatan garam yaitu berupa larutan $NaNO_3$ atau KCl (Sumanzaya, 2019).

2.5.2. Elektroda

Untuk mengukur potensial aksi secara baik dipergunakan elektroda. Kegunaan dari elektroda untuk memindahkan transmisi ion ke penyalur elektron. Bahan yang dipakai sebagai elektroda adalah perak dan tembaga. Apabila sebuah elektroda tembaga dan sebuah elektroda perak dicelupkan ke dalam larutan misalnya larutan elektrolit maka akan terjadi perbedaan potensial antara kedua elektroda itu.

Ada dua jenis elektroda:

- a. Anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif yang disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan dilepaskan pada fase ini (Dogra, 1990 dalam Tri Sumanzaya, 2019).
- b. Katoda adalah elektroda-elektroda tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Pada sel galvanik, katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda ini untuk reduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda (Dogra, 1990 dalam Dian Jauharah, 2013).

Tabel 2.2 Potensial Elektroda Standar

Reaksi Reduksi	Logam	E° (Volt)
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	Li	-3,04
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	K	-2,92
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^-$	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
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	H_2O	-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
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	H	0,00
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$	Hg	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

(Sumber: Silberberg, 2000 dalam Harjono, 2016)

Arus listrik yang terjadi pada sel volta disebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Hal ini disebabkan karena perbedaan potensial antara kedua elektroda. Pengukuran perbedaan potensial (ΔV) antara dua elektroda dengan menggunakan potensiometer ketika arus listrik yang dihasilkan mengalir sampai habis. Maka akan diperoleh nilai limit atau perbedaan potensial saat arus listriknya nol yang disebut sebagai potensial sel (E°_{sel}) (Atkins, 2005 dalam Devi Yulianti, 2016).

Beberapa jenis logam yang dapat dijadikan katoda dan anoda di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Logam Al (Aluminium)

Aluminium mempunyai massa jenis $2,7 \text{ kg/cm}^3$, titik leleh lebih dari $658 \text{ }^\circ\text{C}$ dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar $35 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$ atau kira-kira 61,4% dari daya hantar tembaga, tahanan listriknnya sebesar 64,94%, hantaran listrik koefisien temperature yaitu $0,0042/^\circ\text{C}$. Aluminium murni mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tariknya hanya 9 kg/mm^2 . Untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium (Devi Yulianti, 2016)

2. Logam Zn (Seng)

Seng atau *zinc* merupakan unsur kimia dengan lambang kimia Zn. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, *franklinit*, *smithsonit*, *wellenit*, dan *zinkit*. Logam ini cukup mudah ditempa dan lipat pada suhu $110\text{-}150 \text{ }^\circ\text{C}$. Seng melebur pada temperatur $410 \text{ }^\circ\text{C}$ dan mendidih pada temperatur $906 \text{ }^\circ\text{C}$. Dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong elemen kering (kutub negatifnya), batang-batang (elektroda) elemen galvani. Tahanan jenisnya yaitu $0,12 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$. 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 dalam Tri Sumanzaya, 2019).

3. Logam Fe (Besi)

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. 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 dalam Devi Yulianti, 2016).

4. Logam Cu (Tembaga)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur logam transisi yang berwarna coklat kemerahan dan merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Tembaga dengan nama kimia dikenal dengan *Cuprum* dilambangkan dengan Cu, unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom 29 dan mempunyai berat atom 63,546. Tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi yaitu 57 Ohm.mm²/m pada suhu 20 °C. Karena potensial elektroda standarnya positif, (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu²⁺), tembaga tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Selain mempunyai daya hantar listrik yang tinggi, daya hantar panasnya juga tinggi dan tahan karat. Konduktivitas panas dan listrik dari tembaga masih lebih rendah dibandingkan dengan perak, namun lebih besar jika dibandingkan dengan aluminium (Friebeg, 1977 dalam M. Yusuf, 2017).

2.6. Sel Galvani

Menurut Riyanto dalam Suryaningsih (2016) sel yang menghasilkan arus listrik disebut dengan sel galvani. Dalam sel galvani terdapat tiga komponen yaitu anoda, katoda, dan elektrolit. Elektroda merupakan penghantar listrik yang terdiri dari anoda dan katoda. Anoda adalah elektroda di mana terjadi reaksi oksidasi sedangkan katoda adalah elektroda di mana terjadi reaksi reduksi. Elektroda yang digunakan yaitu tembaga (Cu), seng (Zn), Aluminium (Al), dan Besi (Fe) (Bayu Triatmojo dkk., 2018).

Syarat-syarat sel galvani yaitu:

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

Contoh dari sel galvanik adalah baterai, sel bahan bakar, baterai Pb dengan elektrolit asam yang digunakan dalam mobil, *fuel cell* berbahan bakar gas hidrogen, etanol, dan metanol (Devi Yulianti, 2016).

2.7. Baterai

Baterai merupakan salah satu sumber energi yang fleksibel karena dapat digunakan di mana pun. Baterai mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang terjadi dalam elektroda. Baterai secara umum mengandung logam-logam berat yang bersifat *non-renewable* dan *nondegradable*, antara lain merkuri, timbal, kadmium, dan nikel. Apabila baterai tidak dibuang dengan baik, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

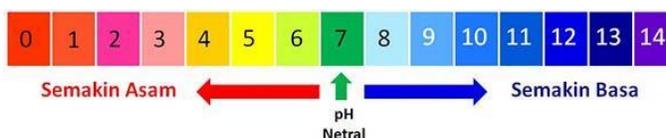
Djuniardi dkk., (2010) memaparkan bahwa komponen penyusun baterai berdampak negatif seperti kandungan kadmium dan mangan yang mencemari tanah sebagai media tanam sayuran mengakibatkan darah tinggi pada orang yang mengkonsumsinya, terganggunya fungsi ginjal, hilangnya sel darah merah, terjadinya gejala seperti berhalusinasi, keracunan saraf, dan untuk gejala jangka panjang dapat mengakibatkan impoten (Ernawati Dessy dkk., 2019).

Baterai merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda yaitu anoda dan katoda sehingga mampu menghasilkan arus listrik dan beda potensial. Prinsip kerja baterai menggunakan prinsip elektrokimia dengan memanfaatkan proses reduksi-oksidasi dimana elektroda negatif (anoda) akan mengalami reaksi oksidasi sehingga elektron yang berada pada permukaan anoda akan terlepas dan dibawa oleh ion elektrolit menuju elektroda positif (katoda).

Transfer elektron oleh ion elektrolit ini kemudian akan menghasilkan beda tegangan dan arus listrik jika dihubungkan atau dirangkaikan dengan komponen elektronika seperti dioda, resistor, atau kapasitor. Beberapa jenis baterai dalam sel elektrokimia yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya adalah aki (*accu*), baterai kering, baterai alkalin, baterai lithium (Kartawidjaja, 2011 dalam Khairiah, 2017).

2.8. Derajat Keasaman (pH)

Pada dasarnya tingkat keasaman suatu larutan bergantung pada konsentrasi ion H^+ dalam larutan. Makin besar konsentrasi ion H^+ makin asam larutan tersebut. Umumnya konsentrasi ion H^+ sangat kecil, sehingga untuk menyederhanakan penulisan, seorang kimiawan dari Denmark bernama Sorrensen mengusulkan konsep pH untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ . Nilai pH sama dengan negatif logaritma konsentrasi ion H^+ dan secara matematika diungkapkan dengan pH.



Gambar 2.4 Skala pH

(Sumber: <http://www.kimiawannu.com/2016/01/asam-basa-dan-garam.html>)

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa skala keasaman terbagi menjadi tiga daerah untuk beberapa larutan dengan pH yang berbeda. Larutan yang mempunyai nilai pH sama dengan 7, maka larutan tersebut dikatakan netral. Jika larutan memiliki nilai kurang atau lebih dari 7, maka larutan tersebut bersifat asam atau basa (Sugiarto, 2004 dalam Tri Sumanzaya, 2019). Adapun persamaan untuk menyatakan pH secara matematis adalah sebagai berikut:

$$pH = -\log [H^+] \quad (2.8)$$

2.9. Penelitian yang Relevan

Ulfa Mahfudi dkk., (2012) dalam penelitiannya terkait Demonstrasi sel volta buah nenas (*Ananas comosus L. Merr*). Pada penelitian ini menggunakan elektroda Cu dan Zn. Variasi volume larutan yang digunakan adalah sebesar 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, dan 1000 ml. Variasi jarak yang dipakai adalah 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 cm dengan lempeng seluas $2 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$. Hasil dari penelitian ini bahwa larutan tanpa disaring maupun disaring menghasilkan tegangan 950 mV hingga 5 jam, dan cenderung menurun pada waktu 6 jam sampai 12 hari dengan tegangan 50

mV. Dapat disimpulkan salah satu jenis buah yang menghasilkan tegangan cukup tinggi adalah buah nenas.

Shinta Marito Siregar (2017) melakukan penelitian terkait pengaruh bahan elektroda terhadap kelistrikan belimbing wuluh (*averrhoa bilimbi*) sebagai solusi energi alternatif ramah lingkungan bertujuan untuk menghasilkan baterai aki basah yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan belimbing wuluh (*averrhoa bilimbi*) sebagai elektrolit dan beberapa logam sebagai pasangan elektroda. Pasangan Elektroda (anoda dan katoda) yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Cu-Zn; Cu-Al; Cu-Fe dan Cu-Sn. Hasil pengujian dengan beberapa pasangan elektroda pada biobaterai, semua lampu LED menyala dan terdapat gelembung gas pada larutan elektrolit, hal ini membuktikan bahwa larutan belimbing wuluh termasuk asam kuat, sehingga merupakan senyawa elektrolit kuat. Pada pasangan elektroda Cu-Zn nilai tegangannya lebih tinggi dari pasangan elektroda yang lain yaitu sebesar 3 volt dan ini berbanding lurus dengan nilai kuat arus yang dihasilkan sebesar 0,6 ampere, sedangkan besar tegangan yang paling kecil dihasilkan oleh pasangan elektroda tembaga-timah sebesar 1,5 volt dan kuat arus sebesar 0,3 ampere.

Sri Wahyu Suciati dkk., (2019) melakukan penelitian terkait menganalisis buah jeruk sebagai larutan elektrolit sel volta. Pada penelitian menggunakan elektroda Cu dan Zn dengan volume larutan 50 ml. Larutan elektrolit dengan variasi buah jeruk dalam waktu fermentasi 48 jam. Pengukuran dengan menggunakan beban 1000 Ω dengan hasil terbaik yaitu 2,369 mW, 0,762 mA, dan 3,11 V. Pengukuran dengan penambahan LED, hasil terbaik nilai daya 7,144 mW dan 8,534 mW. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan tanpa beban pada variasi penambahan volume tidak terlalu mempengaruhi tegangan yang dihasilkan sedangkan pada pengukuran dengan beban, variasi volume mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Besar nilai pH mempengaruhi tegangan dan arus, semakin kecil nilai pH (asam kuat) maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan. Hal ini terlihat dari semakin lama waktu fermentasi yang meningkatkan nilai pH, tegangan dan arus terukur semakin menurun.

Ahsanul Fadhil Djamilu dkk., (2019) melakukan penelitian terkait analisis sifat kelistrikan kulit nenas (*ananas comosus l. merr*) dengan variasi waktu fermentasi sebagai larutan elektrolit sel akumulator (energi terbarukan). Pada penelitian menggunakan elektroda Cu dan Zn serat sel akumulator (Pb dan PbO) sebagai stimulus reaksi reduksi dan oksidasi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh lama waktu fermentasi kulit nenas terhadap nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Variasi lama waktu fermentasi yang dilakukan yaitu 0, 48, 96, 144, 192 dan 240 jam. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh bahwa tegangan dan arus optimum yang dihasilkan pada pengukuran dengan menggunakan elektroda yaitu 192 jam dengan tegangan sebesar 0,183 V dan 144 jam dengan arus sebesar 9,4 μA . Sedangkan waktu optimum yang dihasilkan pada pengukuran dengan menggunakan sel akumulator yaitu 96 jam dengan tegangan sebesar 0,445 V dan 192 jam dengan arus sebesar 30,8 μA .

2.10. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah larutan sari kulit nenas dapat digunakan sebagai elektrolit pada pembuatan biobaterai dengan memvariasikan elektroda. Biobaterai diharapkan dapat diaplikasikan untuk menyalakan lampu LED merah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian yang menggunakan metode eksperimen. Dalam hal ini peneliti berinovasi dalam bidang energi baru-terbarukan dengan memanfaatkan kulit nenas sebagai energi alternatif biobaterai seperti yang dikemukakan pada judul di atas yaitu “*Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas (Ananas comosus) Dengan Memvariasikan Elektroda*”.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat Penelitian

Tahap persiapan bahan dan pengujian kelistrikan biobaterai dari kulit nenas 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 biobaterai dengan pemanfaatan kulit nenas dilaksanakan pada bulan September hingga November 2020.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Gelas plastik ukuran 250 ml digunakan untuk mengukur volume cairan.
2. Multimeter digital untuk mengukur tegangan, arus, dan daya listrik dari biobaterai.
3. Kabel dan penjepit buaya untuk menghubungkan rangkaian.
4. Sheet Akrilik Mika sebagai pembatas (separator) antara elektroda Cu, Zn, Fe, dan Al.

5. Lumpang untuk menghaluskan kulit nenas.
6. Mangkok plastik sebagai wadah larutan sari kulit nenas.
7. Gunting untuk memotong pelat Al, Cu, Zn, dan Fe.
8. Saringan untuk menyaring sari kulit nenas.
9. Wadah Akrilik sebagai wadah prototipe biobaterai.
10. Pisau untuk memotong kecil kulit nenas.

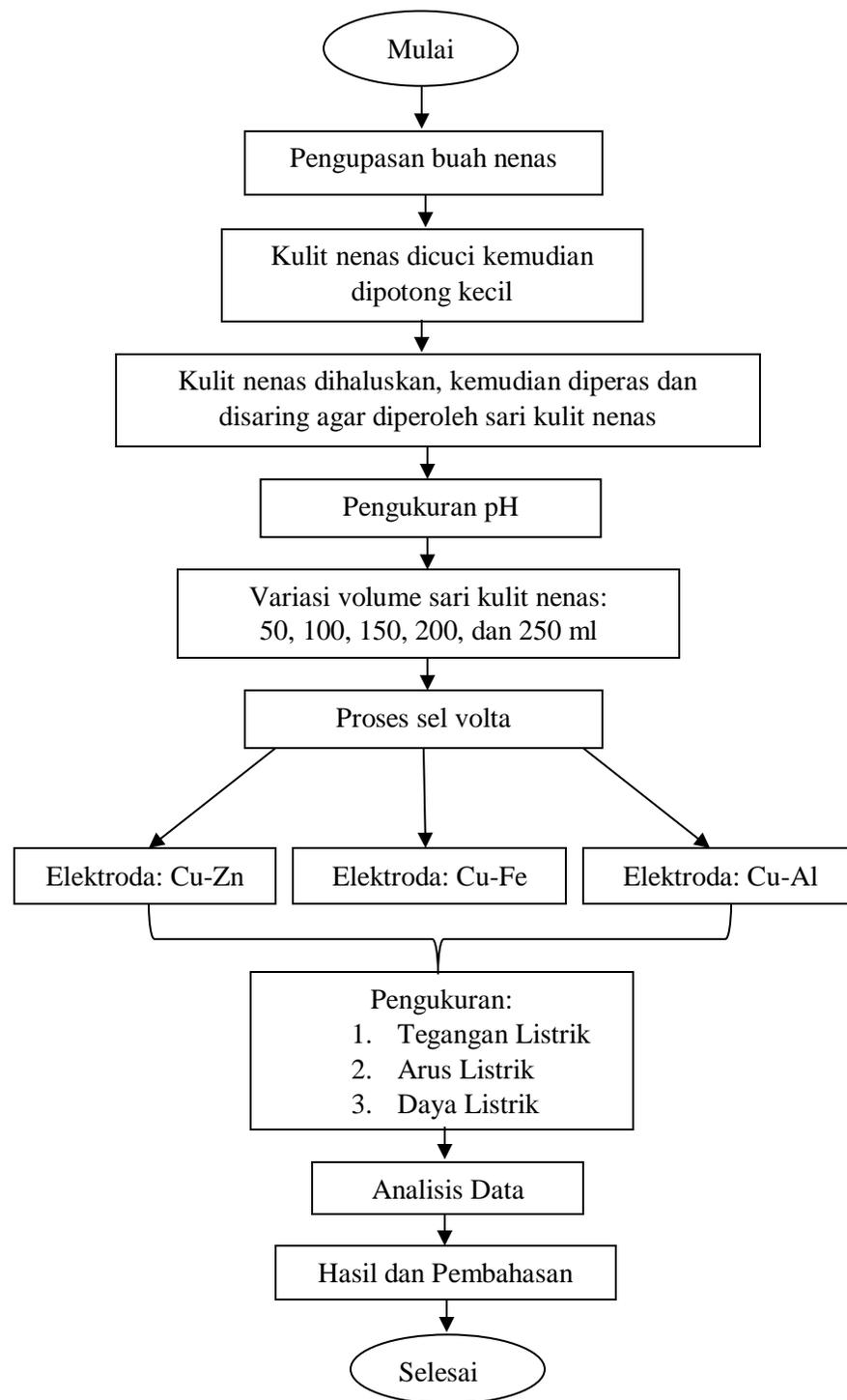
3.2.2. Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Larutan sari kulit nenas sebagai elektrolit biobaterai.
2. Pelat logam Cu (Tembaga), Al (Aluminium), Zn (Seng), dan Fe (Besi) sebagai elektroda di mana Cu sebagai Katoda dan Zn, Al, dan Fe sebagai Anoda.
3. Lampu LED merah sebagai indikator pengujian lama waktu penyalaan dari biobaterai.
4. Kertas label untuk memberi penomoran atau melabeli sampel uji.

3.3. Diagram Alir Penelitian

Setelah pembuatan prototipe biobaterai selesai, selanjutnya dilakukan pembuatan larutan sari kulit nenas sebagai elektrolit biobaterai dan dilakukan pengujian kelistrikannya. Adapun diagram alirnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Tahap Persiapan

Beberapa hal yang perlu disiapkan sebelum melakukan penelitian ini adalah:

1. Pemilihan jenis elektroda

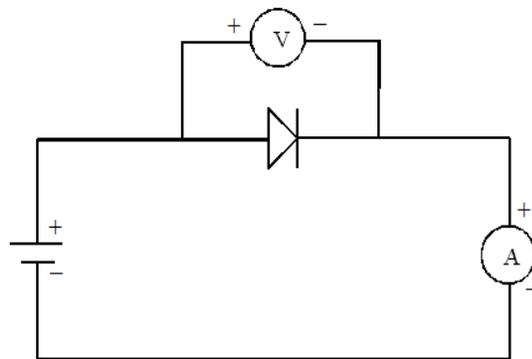
Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cu (Tembaga) sebagai katoda dan Zn (Seng), Al (Aluminium), dan Fe (Besi) sebagai anoda dipotong dengan ukuran 4×7 cm.

2. Persiapan sari kulit nenas

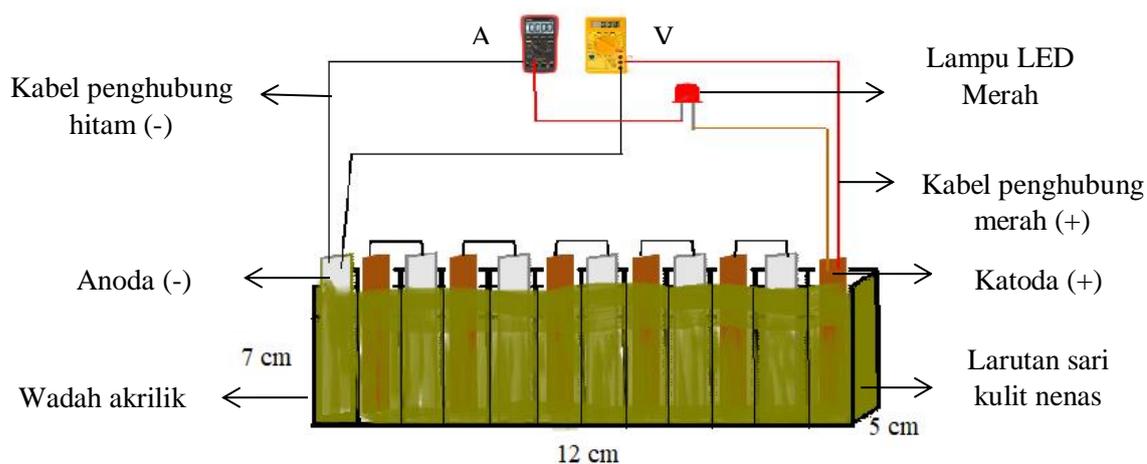
Kulit nenas yang sudah dipilih, dicuci dan dipotong sekecil mungkin kemudian dihaluskan menggunakan lumpang. Setelah menjadi halus dalam beberapa menit, kulit nenas diperas kemudian disaring agar diperoleh sari kulit nenas. Larutan dimasukkan ke dalam wadah. Larutan dibagi menjadi 5 variasi volume yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ml. Diberi label untuk masing-masing sampel.

3. Pembuatan Prototipe Biobaterai

Wadah yang digunakan dalam percobaan ini adalah akrilik dengan ukuran panjang 12 cm, lebar 5 cm, dan tinggi 7 cm, terdapat 6 sel pada biobaterai yang terdiri atas 6 pasang elektroda (Cu-Al), (Cu-Fe), dan (Cu-Zn) yang disusun secara seri kemudian dihubungkan dengan multimeter dan lampu LED. Di antara elektroda positif dan negatif terdapat separator yang terbuat dari sheet mika akrilik, pada tiap sel dengan jarak 2 cm.



Gambar 3.2 Skema Rangkaian Biobaterai



Gambar 3.3 Desain Prototipe Biobaterai

3.4.2. Tahap Pengambilan Data

Setelah tahap persiapan selesai dilakukan, selanjutnya peneliti melakukan tahap pengambilan data yang meliputi:

1. Pengukuran tegangan pada variasi volume dan variasi elektroda tanpa lampu LED.

Larutan sari kulit nenas yang menjadi elektrolit biobaterai diukur tingkat keasamannya dengan pH. Masing-masing divariasikan volumenya menjadi 50, 100, 150, 200, 250 ml dengan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn. Pengukuran tegangan pada variasi volume dan variasi elektroda tanpa penambahan lampu LED.

Larutan sari kulit nenas dalam variasi volume, kemudian elektroda dicelupkan pada sampel lalu dijepit. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan keseluruhan sel dengan multimeter untuk setiap variasi elektroda. Semakin banyak plat yang tercelup oleh larutan elektrolit maka akan memudahkan transfer elektron sehingga tegangan, arus dan daya listrik dapat dihasilkan.

2. Pengukuran kemampuan biobaterai menyalakan lampu LED terhadap waktu.

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tegangan dan arus yang dihasilkan dengan pemberian beban berupa lampu LED pada sampel biobaterai. Semakin besar nilai tegangan listrik dari

biobaterai maka semakin lama lampu dapat menyala. Pengukuran ini dilakukan sampai lampu dalam kondisi mati. Kemudian diukur penurunan tegangan sebagai akibat penggunaan beban lampu setiap 10 menit dalam waktu 1 jam.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian "Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas (*Ananas comosus*) Dengan Memvariasikan Elektroda" ini mencakup pengaruh volume dan elektroda terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan pada biobaterai. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pengamatan terhadap larutan sari kulit nenas. Hasil pengamatan tersebut berupa nilai tegangan listrik, arus listrik, daya listrik serta penurunan tegangan dan arus listrik akibat penyalan lampu LED merah selama 1 jam.

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al

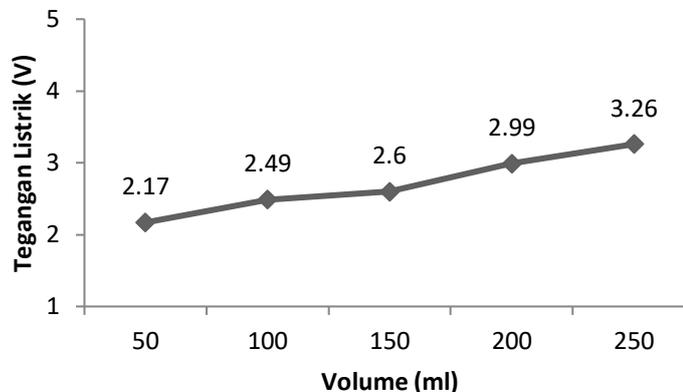
Hasil pengukuran nilai tegangan listrik tanpa menggunakan LED terhadap biobaterai larutan sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Al terdapat dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Tanpa LED

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)
50	2,17
100	2,49
150	2,60
200	2,99
250	3,26

Tabel 4.1 di atas merupakan hasil pengamatan nilai tegangan listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas dengan pasangan elektroda Cu-Al tanpa menggunakan LED. Pada volume 50, 100, 150, 200, dan 250 ml nilai tegangan listrik yang dihasilkan yaitu 2,17; 2,49; 2,60; 2,99 dan 3,26 Volt. Hal ini menunjukkan semakin banyak larutan yang digunakan, tegangan yang dihasilkan juga semakin besar seperti tabel di atas.

Berdasarkan tabel 4.1, pengaruh penambahan volume terhadap nilai tegangan listrik dari biobaterai larutan sari kulit nenas dapat disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Elektroda Cu-Al Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Tanpa LED

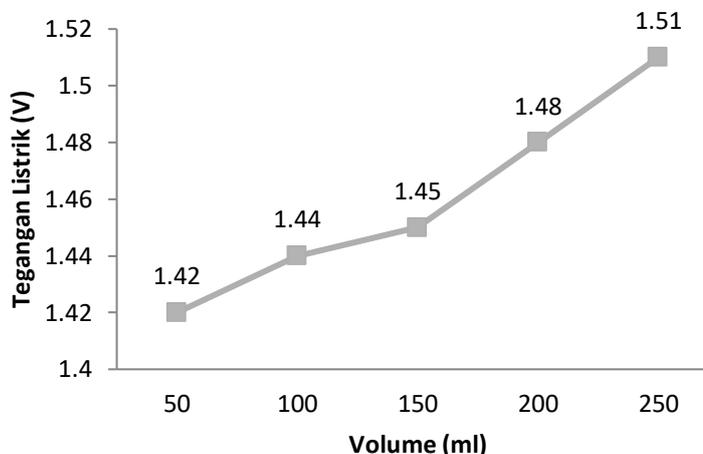
Selanjutnya dilakukan pengamatan kelistrikannya pada larutan sari kulit nenas menggunakan beban berupa LED merah. Adapun hasil pengamatan tersebut disajikan dalam tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Besaran Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
50	1,42	0,01	0,01
100	1,44	0,01	0,01
150	1,45	0,02	0,02
200	1,48	0,04	0,05
250	1,51	0,06	0,09

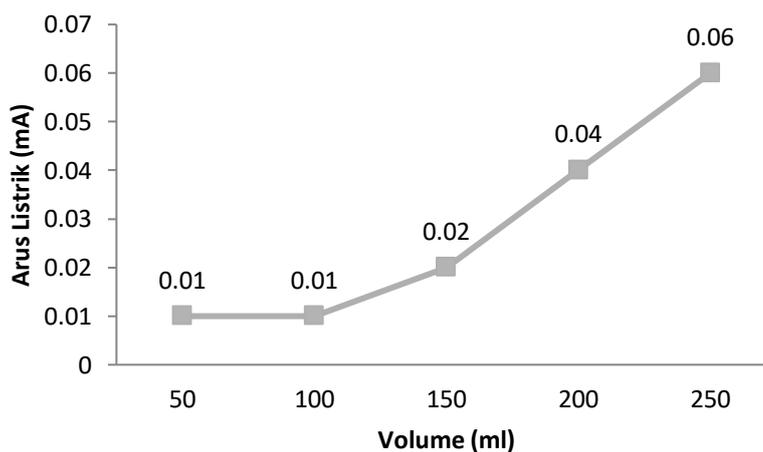
Pada tabel 4.2 di atas ditunjukkan hasil pengamatan, besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan LED merah. Pada tabel tersebut, ditunjukkan volume 50 ml sampai dengan volume 250 ml terjadi peningkatan besar nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Besaran listrik terkecil yaitu pada volume 50 ml diperoleh nilai tegangan listrik sebesar 1,42 Volt, sedangkan nilai arus sebesar 0,01 mA, sehingga nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,01 mW. Besaran listrik terbesar yaitu pada volume 250 ml diperoleh nilai tegangan listrik sebesar 1,51 Volt, sedangkan nilai arus sebesar 0,06 mA, sehingga nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,09 mW.

Berdasarkan tabel 4.2, hasil pengamatan besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan LED merah dapat disajikan dalam grafik berikut.



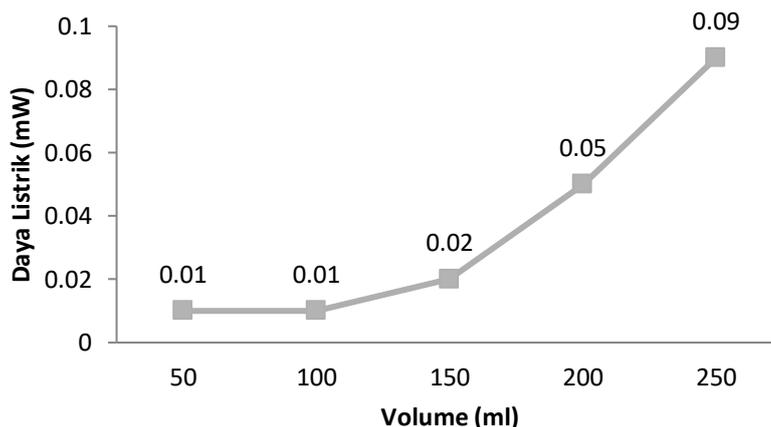
Gambar 4.2 Grafik Hasil Tegangan Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED

Gambar 4.2 ditunjukkan besar tegangan listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Al menggunakan LED merah. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar volume maka tegangan yang dihasilkan semakin besar. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan elektroda yang tercelup sehingga larutan elektrolit mempermudah untuk mentransfer elektron.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Arus Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED

Gambar 4.3 ditunjukkan besar arus listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Al menggunakan LED merah. Seperti halnya dengan tegangan, di mana terdapat hubungan yang ideal antara volume dan arus listrik yang dihasilkan yakni berbanding lurus, semakin besar volume maka semakin besar pula nilai arus listrik yang dihasilkan dari larutan sari kulit nenas tersebut. Hal ini menunjukkan hubungan arus dan tegangan listrik berbanding lurus.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Daya Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Menggunakan LED

Gambar 4.4 ditunjukkan besar daya listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Al menggunakan LED merah. Dari grafik di atas bahwa nilai daya listrik juga mengalami peningkatan dari volume 50 sampai 250 ml. Pada volume 50 ml menghasilkan nilai daya terkecil yaitu 0,01 mW dan nilai daya terbesarnya 0,09 mW pada volume 250 ml. Karena adanya arus dan tegangan yang mengalir dalam rangkaian, maka daya listrik dapat dihitung sesuai dengan rumus, yaitu $P = V.I$.

Dalam hal ini lampu LED merah dianalogikan seperti beban. Hal ini mirip seperti hukum ohm. Jika Biobaterai diberi beban LED maka tegangan saat pemakaian beban lebih rendah karena ada yang menghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Spesifikasi lampu LED merah berkisar antara 1,8-2,3 Volt. Apabila lampu yang digunakan lebih besar nilai spesifikasinya, maka tegangan yang dihasilkan akan lebih kecil. Selain itu, pemberian beban berupa LED merah dapat memberikan nilai tegangan dan arus stabil.

Nilai tegangan dan arus listrik sangat dipengaruhi oleh elektroda dan volume larutan, karena semakin banyak elektroda yang tercelup ke dalam larutan maka tegangan dan arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena, semakin besar jumlah ion dari suatu larutan maka akan semakin tinggi nilai konduktivitasnya. Jumlah muatan dalam larutan sebanding dengan nilai daya hantar molar larutan di mana hantaran molar juga sebanding dengan konduktivitas larutan. Pada larutan encer, ion-ion dalam larutan tersebut mudah bergerak sehingga daya hantarnya semakin besar. Pada larutan yang pekat, pergerakan ion lebih sulit sehingga daya hantarnya menjadi lebih rendah. Hal yang mempengaruhi daya hantar listrik selain konsentrasi adalah jenis larutan (Sukardjo, 1997).

Setelah diperoleh nilai tegangan, arus, dan daya listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas yang diukur menggunakan multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.3 merupakan penurunan tegangan yang terjadi pada saat penyalaan lampu LED merah selama 1 jam, penurunan tegangan listrik yang terjadi diamati setiap 10 menit sekali pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

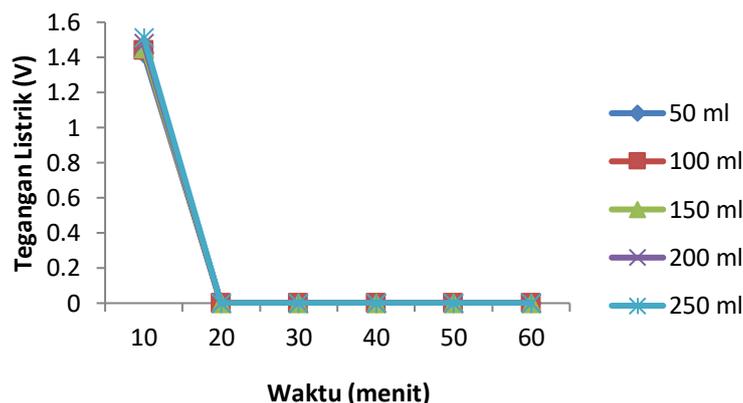
Tabel 4.3 Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Tegangan Listrik (Volt)	1,42	0	0	0	0	0	50
	1,44	0	0	0	0	0	100
	1,45	0	0	0	0	0	150
	1,48	0	0	0	0	0	200
	1,51	0	0	0	0	0	250

Tabel di atas menunjukkan penurunan tegangan yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari kulit nenas saat diberi LED merah selama satu jam. Pada volume larutan 50 ml, tegangan listrik yang diperoleh pada 10 menit pertama sebesar 1,42 Volt, untuk volume 100 ml nilai tegangan yang diperoleh sebesar 1,44 Volt. Pada volume 150 ml nilai tegangan yang diperoleh 1,45 Volt, kemudian untuk volume 200 ml dan 250 ml, masing-masing memperoleh nilai tegangan sebesar 1,48 Volt dan 1,51 Volt. Pada waktu 20 sampai 60 menit setiap

volume larutan sari kulit nenas tidak memiliki nilai tegangan listrik, yang dimana nilai tegangan nol. Sehingga lampu hanya menyala dalam waktu 10 menit.

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



Gambar 4.5 Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

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

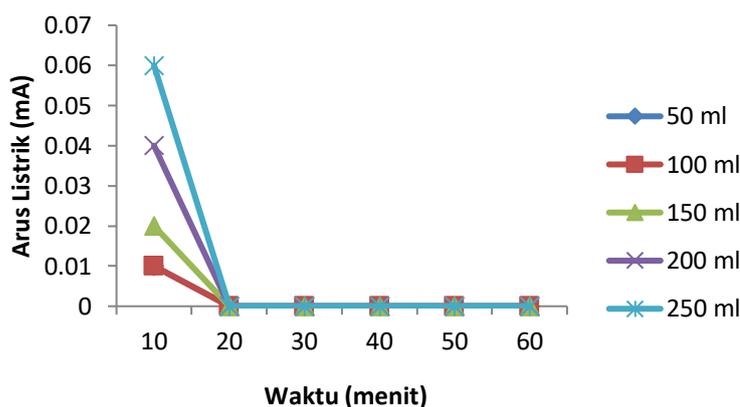
Tabel 4.4 Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Arus Listrik (mA)	0,01	0	0	0	0	0	50
	0,01	0	0	0	0	0	100
	0,02	0	0	0	0	0	150
	0,04	0	0	0	0	0	200
	0,06	0	0	0	0	0	250

Tabel di atas menunjukkan penurunan arus listrik yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari kulit nenas saat diberi LED merah selama 1 jam. Pada volume larutan 50 ml dan 100 ml, arus yang diperoleh pada 10 menit pertama masing-masing sebesar 0,01 mA. Pada volume 150 ml nilai arus yang diperoleh 0,02 mA, kemudian untuk volume 200 ml nilai arus yang diperoleh sebesar 0,04

mA dan untuk 250 ml, diperoleh nilai arus sebesar 0,06 mA. Pada waktu 20 sampai 60 menit setiap volume larutan sari kulit nenas tidak memiliki nilai arus, yang dimana nilai arus nol. Sehingga lampu hanya menyala dalam waktu 10 menit.

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



Gambar 4.6 Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Al Saat Diberi LED

Pada setiap volume larutan sari kulit nenas dengan pasangan elektroda Cu-Al tersebut mampu menyalakan lampu hanya dalam 10 menit. Semakin menurunnya nilai suatu tegangan, maka nilai arus juga menurun, sehingga daya listrik yang dihasilkan rendah. Biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan elektroda tembaga dan aluminium. Setelah reaksi berlangsung, tembaga (Cu) mengalami reduksi sedangkan aluminium (Al) mengalami oksidasi.

Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini disebabkan karena elektroda tersebut mengalami pertukaran elektron. Reaksi redoks yang terjadi pada pasangan elektroda Cu-Al berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi tembaga (Cu) terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi aluminium (Al) merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media penghantar pada sel elektrokimia. Media penghantar sebagai tempat terjadinya serah terima elektron dalam suatu reaksi yaitu larutan. Penurunan tegangan dan arus terjadi karena adanya

penurunan ionisasi, artinya ion-ion pada larutan elektrolit sudah tidak mampu secara maksimal mengantarkan tegangan dan arus listrik.

4.1.2. Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe

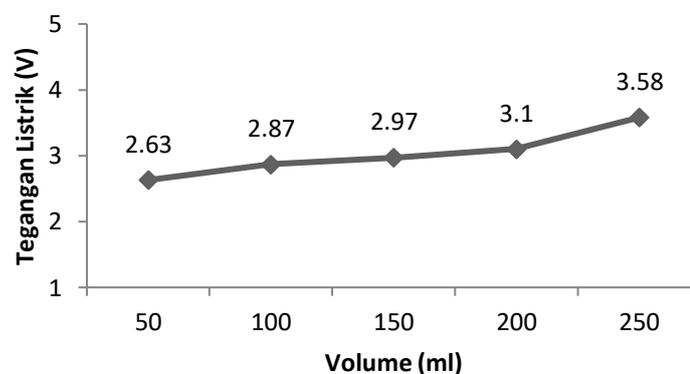
Hasil pengukuran nilai tegangan listrik tanpa menggunakan LED terhadap biobaterai larutan sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Fe terdapat dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Tanpa LED

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)
50	2,63
100	2,87
150	2,97
200	3,10
250	3,58

Pada tabel 4.5 di atas merupakan hasil pengamatan nilai tegangan listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas dengan pasangan elektroda Cu-Fe tanpa menggunakan LED. Pada volume 50, 100, 150, 200, dan 250 ml nilai tegangan listrik yang dihasilkan yaitu 2,63; 2,87; 2,97; 3,10 dan 3,58 Volt. Hal ini menunjukkan semakin banyak larutan yang digunakan, tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.

Berdasarkan tabel 4.5, pengaruh penambahan volume terhadap nilai tegangan listrik dari biobaterai larutan sari kulit nenas dapat disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Elektroda Cu-Fe Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Tanpa LED

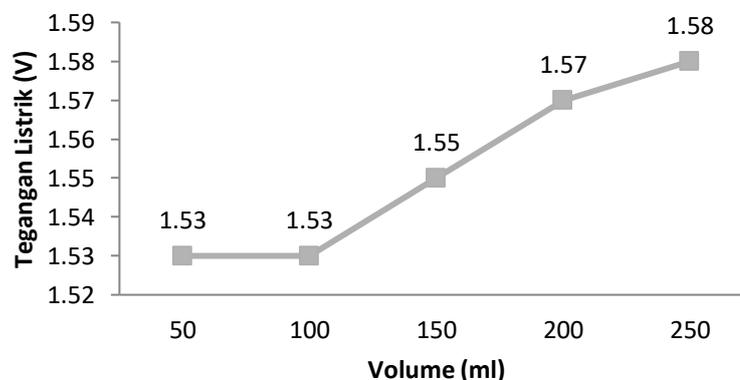
Selanjutnya dilakukan pengamatan kelistrikannya pada larutan sari kulit nenas menggunakan beban berupa LED merah. Adapun hasil pengamatan tersebut disajikan dalam tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Besaran Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
50	1,53	0,08	0,12
100	1,53	0,09	0,13
150	1,55	0,14	0,21
200	1,57	0,18	0,28
250	1,58	0,20	0,31

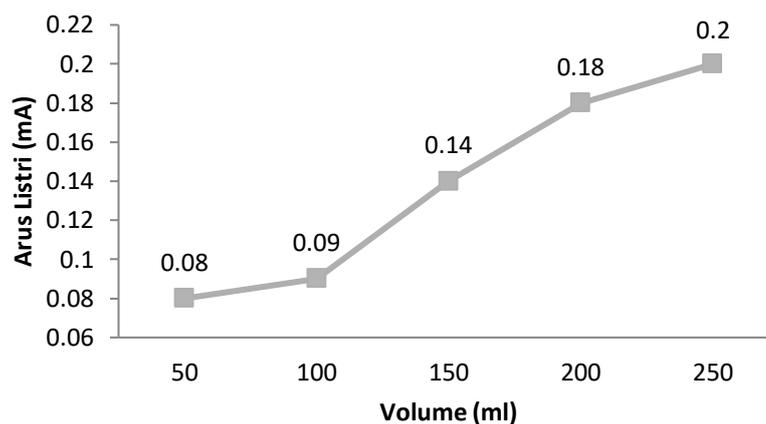
Pada tabel 4.6 di atas menunjukkan hasil pengamatan, besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan LED merah. Pada tabel tersebut, menunjukkan volume 50 ml sampai dengan volume 250 ml terjadi peningkatan besar nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Besaran listrik terkecil yaitu pada volume 50 ml diperoleh nilai tegangan listrik sebesar 1,53 Volt, sedangkan nilai arus sebesar 0,09 mA, sehingga nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,12 mW. Besaran listrik terbesar yaitu pada volume 250 ml diperoleh nilai tegangan listrik sebesar 1,58 Volt, sedangkan nilai arus sebesar 0,20 mA, sehingga nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,31 mW.

Berdasarkan tabel 4.6, hasil pengamatan besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan LED merah dapat disajikan dalam grafik berikut.



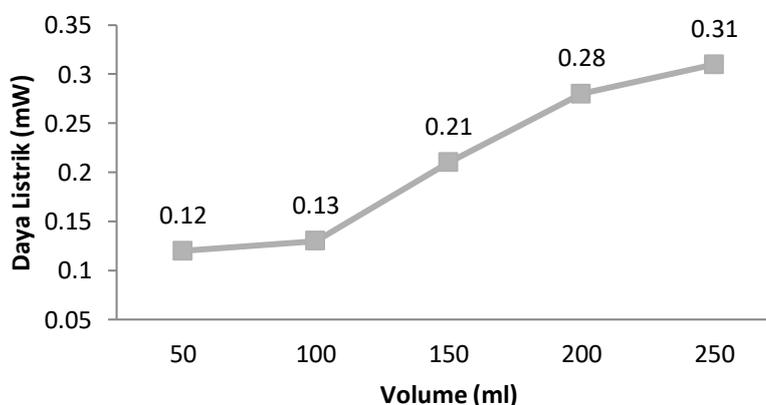
Gambar 4.8 Grafik Hasil Tegangan Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED

Gambar 4.8 ditunjukkan besar tegangan dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Fe menggunakan LED merah. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar volume maka tegangan yang dihasilkan semakin besar. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan elektroda yang tercelup sehingga larutan elektrolit mempermudah untuk mentransfer elektron.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Arus Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED

Gambar 4.9 ditunjukkan besar arus listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Fe menggunakan LED merah. Seperti halnya dengan tegangan, di mana terdapat hubungan yang ideal antara volume dan arus listrik yang dihasilkan yakni berbanding lurus, semakin besar volume maka semakin besar pula nilai arus listrik yang dihasilkan dari larutan sari kulit nenas tersebut. Hal ini menandakan hubungan arus dan tegangan listrik berbanding lurus.



Gambar 4.10 Grafik Hasil Daya Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Menggunakan LED

Gambar 4.10 ditunjukkan besar daya listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Fe menggunakan LED merah. Dari grafik di atas bahwa nilai daya listrik juga mengalami peningkatan dari volume 50 sampai 250 ml. Pada volume 50 ml menghasilkan nilai daya terkecil yaitu 0,12 mW dan nilai daya terbesarnya 0,31 mW pada volume 250 ml. Karena adanya arus dan tegangan yang mengalir dalam rangkaian, maka daya listrik dapat dihitung sesuai dengan rumus, yaitu $P = V.I$.

Dalam hal ini lampu LED merah dianalogikan seperti beban. Hal ini mirip seperti hukum ohm. Jika Biobaterai diberi beban LED maka tegangan saat pemakaian beban lebih rendah karena ada yang menghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Spesifikasi lampu LED merah berkisar antara 1,8-2,3 Volt. Apabila lampu yang digunakan lebih besar nilai spesifikasinya, maka tegangan yang dihasilkan akan lebih kecil. Selain itu, pemberian beban berupa LED merah dapat memberikan nilai tegangan dan arus stabil.

Nilai tegangan dan arus listrik sangat dipengaruhi oleh elektroda dan volume larutan, karena semakin banyak elektroda yang tercelup ke dalam larutan maka tegangan dan arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena, semakin besar jumlah ion dari suatu larutan maka akan semakin tinggi nilai konduktivitasnya. Jumlah muatan dalam larutan sebanding dengan nilai daya hantar molar larutan di mana hantaran molar juga sebanding dengan konduktivitas larutan. Pada larutan encer, ion-ion dalam larutan tersebut mudah bergerak sehingga daya hantarnya semakin besar. Pada larutan yang pekat, pergerakan ion lebih sulit sehingga daya hantarnya menjadi lebih rendah. Hal yang mempengaruhi daya hantar listrik selain konsentrasi adalah jenis larutan (Sukardjo, 1997).

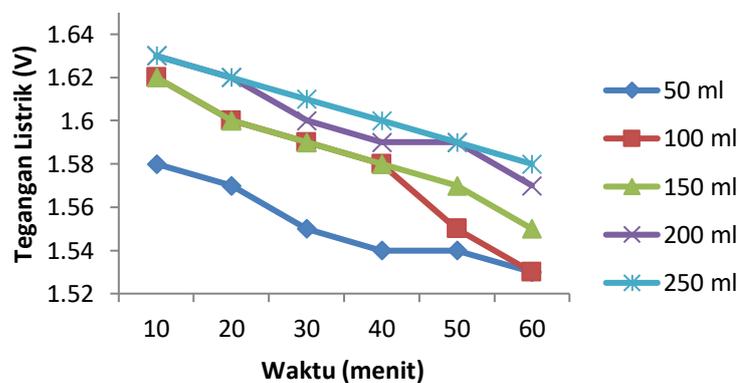
Setelah diperoleh nilai tegangan, arus, dan daya listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas yang diukur menggunakan multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.7 merupakan penurunan tegangan yang terjadi pada saat penyalaan lampu LED merah selama 1 jam, penurunan tegangan yang terjadi diamati setiap 10 menit sekali pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

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

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Tegangan Listrik (Volt)	1,58	1,57	1,55	1,54	1,54	1,53	50
	1,62	1,60	1,59	1,58	1,55	1,53	100
	1,62	1,60	1,59	1,58	1,57	1,55	150
	1,63	1,62	1,60	1,59	1,59	1,57	200
	1,63	1,62	1,61	1,60	1,59	1,58	250

Tabel di atas menunjukkan penurunan tegangan yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari kulit nenas saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan tegangan terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (1,58; 1,57; 1,55; 1,54; 1,54; 1,53) Volt. Adapun nilai nilai penurunan tegangan terbesar pada volume larutan 250 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (1,63; 1,62; 1,61; 1,60; 1,59; 1,58) Volt.

Berdasarkan tabel 4.7 selama 1 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari kulit nenas mengalami penurunan tegangan yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.11 Grafik Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED

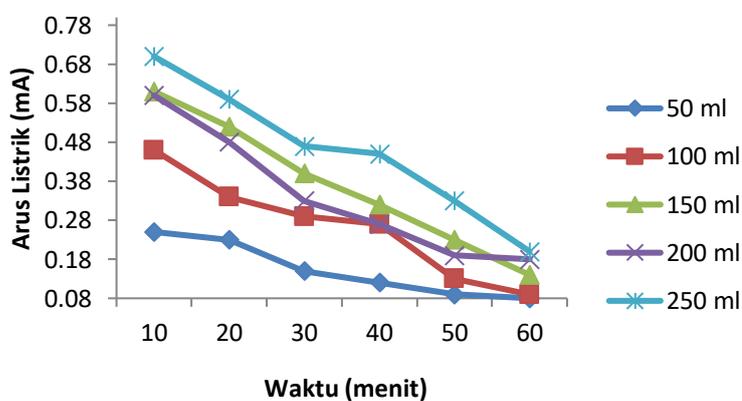
Pada tabel 4.8, penurunan arus listrik yang terjadi diamati setiap 10 menit sekali pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

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

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Arus Listrik (mA)	0,25	0,23	0,15	0,12	0,09	0,08	50
	0,46	0,34	0,29	0,27	0,13	0,09	100
	0,61	0,52	0,40	0,32	0,23	0,14	150
	0,60	0,48	0,33	0,27	0,19	0,18	200
	0,70	0,59	0,47	0,45	0,33	0,20	250

Tabel di atas menunjukkan penurunan arus yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari kulit nenas saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan arus terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (0,25; 0,23; 0,15; 0,12; 0,09; 0,08) mA. Adapun nilai nilai penurunan arus terbesar pada volume larutan 250 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (0,70; 0,59; 0,47; 0,45; 0,33; 0,20) mA.

Berdasarkan tabel 4.8 selama 1 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari kulit nenas mengalami penurunan arus listrik yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.12 Grafik Penurunan Arus Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Fe Saat Diberi LED

Pada setiap volume larutan sari kulit nenas tersebut mampu menyalakan lampu selama 1 jam. Larutan sari kulit nenas dengan variasi penambahan volume dan elektroda menunjukkan peningkatan terhadap nilai tegangan dan arus listrik. Biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan elektroda tembaga dan besi.

Setelah reaksi berlangsung, tembaga (Cu) mengalami reduksi sedangkan besi (Fe) mengalami oksidasi.

Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini disebabkan karena elektroda tersebut mengalami pertukaran elektron. Reaksi redoks yang terjadi pada pasangan elektroda Cu-Fe berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi tembaga (Cu) terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi besi (Fe) merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media penghantar pada sel elektrokimia. Media penghantar sebagai tempat terjadinya serah terima elektron dalam suatu reaksi yaitu larutan. Penurunan tegangan dan arus terjadi karena adanya penurunan ionisasi, artinya ion-ion pada larutan elektrolit sudah tidak mampu secara maksimal mengantarkan tegangan dan arus listrik.

4.1.3. Larutan Sari Kulit Nenas Pada Elektroda Cu-Zn

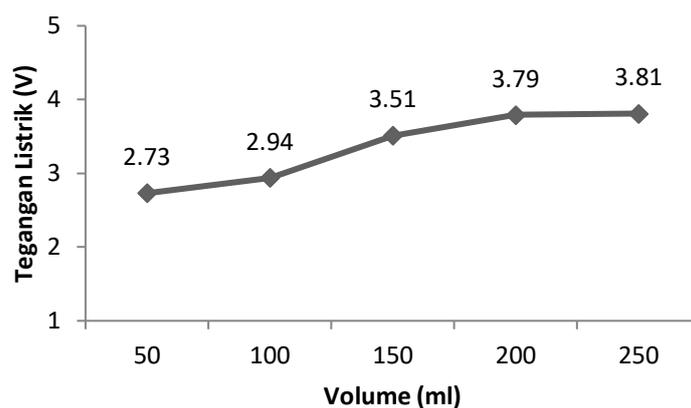
Hasil pengukuran nilai tegangan listrik tanpa menggunakan LED terhadap biobaterai larutan sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Zn terdapat dalam tabel 4.9.

Tabel 4.9 Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Tanpa LED

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)
50	2,73
100	2,94
150	3,51
200	3,79
250	3,81

Pada tabel 4.9 di atas merupakan hasil pengamatan nilai tegangan listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas dengan pasangan elektroda Cu-Zn tanpa menggunakan LED. Pada volume 50, 100, 150, 200, dan 250 ml nilai tegangan listrik yang dihasilkan yaitu 2,73; 2,94; 3,51; 3,79 dan 3,81 Volt. Hal ini menunjukkan semakin banyak larutan yang digunakan, tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.

Berdasarkan tabel 4.9, pengaruh penambahan volume terhadap nilai tegangan listrik dari biobaterai larutan sari kulit nenas dapat disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4.13 Grafik Pengaruh Elektroda Cu-Zn Terhadap Tegangan Listrik Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Tanpa LED

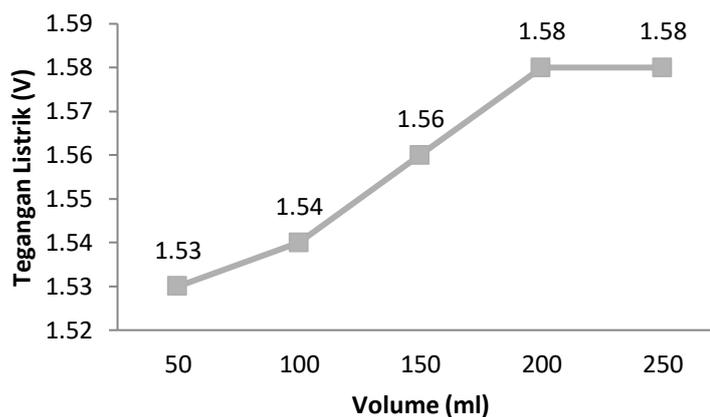
Selanjutnya dilakukan pengamatan kelistrikannya pada larutan sari kulit nenas menggunakan beban berupa LED merah. Adapun hasil pengamatan tersebut disajikan dalam tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Besaran Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn menggunakan LED

Volume Cairan (ml)	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (mA)	Daya Listrik (mW)
50	1,53	0,08	0,12
100	1,54	0,10	0,15
150	1,56	0,16	0,24
200	1,58	0,21	0,33
250	1,58	0,26	0,41

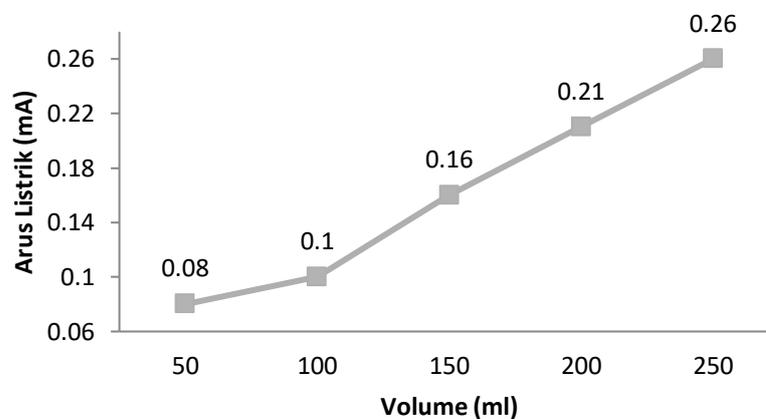
Pada tabel 4.10 di atas menunjukkan hasil pengamatan, besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan LED merah. Pada tabel tersebut, menunjukkan volume 50 ml sampai dengan volume 250 ml terjadi peningkatan besar nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Besaran listrik terkecil yaitu pada volume 50 ml diperoleh nilai tegangan listrik sebesar 1,53 Volt, sedangkan nilai arus sebesar 0,08 mA, sehingga nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,12 mW. Besaran listrik terbesar yaitu pada volume 250 ml diperoleh nilai tegangan listrik sebesar 1,58 Volt, sedangkan nilai arus sebesar 0,26 mA, sehingga nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,41 mW.

Berdasarkan tabel 4.10, hasil pengamatan besaran listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan LED merah dapat disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4.14 Grafik Hasil Tegangan Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED

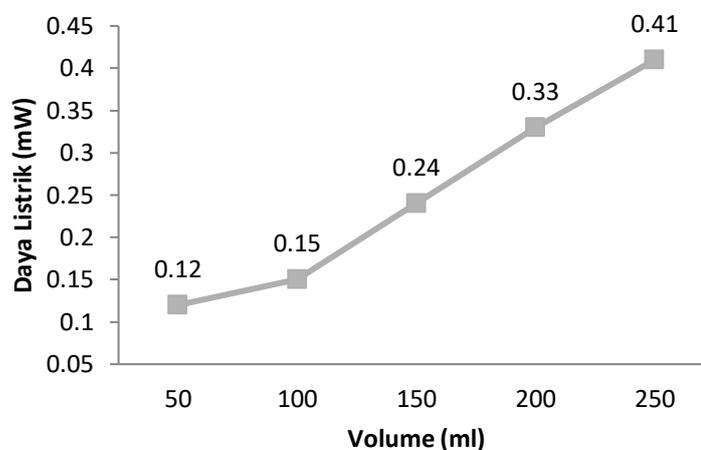
Gambar 4.14 ditunjukkan besar tegangan dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Zn menggunakan LED merah. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar volume maka tegangan yang dihasilkan semakin besar. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh dari banyaknya volume dan luas permukaan elektroda yang tercelup sehingga larutan elektrolit mempermudah untuk mentransfer elektron.



Gambar 4.15 Grafik Hasil Arus Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED

Gambar 4.15 ditunjukkan besar arus listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Zn menggunakan LED merah. Seperti halnya dengan tegangan, di mana terdapat hubungan yang ideal antara volume dan arus listrik yang dihasilkan yakni berbanding lurus, semakin besar volume maka semakin

besar pula nilai arus listrik yang dihasilkan dari larutan sari kulit nenas tersebut. Hal ini menandakan hubungan arus dan tegangan listrik berbanding lurus.



Gambar 4.16 Grafik Hasil Daya Listrik Pada Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Menggunakan LED

Gambar 4.16 ditunjukkan besar daya listrik dari biobaterai sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Zn menggunakan LED merah. Dari grafik di atas bahwa nilai daya listrik juga mengalami peningkatan dari volume 50 sampai 250 ml. Pada volume 50 ml menghasilkan nilai daya terkecil yaitu 0,12 mW dan nilai daya terbesarnya 0,41 mW pada volume 250 ml. Karena adanya arus dan tegangan yang mengalir dalam rangkaian, maka daya listrik dapat dihitung sesuai dengan rumus, yaitu $P = V.I$.

Dalam hal ini lampu LED merah dianalogikan seperti beban. Hal ini mirip seperti hukum ohm. Jika Biobaterai diberi beban LED maka tegangan saat pemakaian beban lebih rendah karena ada yang menghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Spesifikasi lampu LED merah berkisar antara 1,8-2,3 Volt. Apabila lampu yang digunakan lebih besar nilai spesifikasinya, maka tegangan yang dihasilkan akan lebih kecil. Selain itu, pemberian beban berupa LED merah dapat memberikan nilai tegangan dan arus stabil.

Nilai tegangan dan arus listrik sangat dipengaruhi oleh elektroda dan volume larutan, karena semakin banyak elektroda yang tercelup ke dalam larutan maka tegangan dan arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena, semakin besar jumlah ion dari suatu larutan maka akan semakin tinggi nilai konduktivitasnya. Jumlah muatan dalam larutan sebanding dengan nilai daya

hantar molar larutan di mana hantaran molar juga sebanding dengan konduktivitas larutan. Pada larutan encer, ion-ion dalam larutan tersebut mudah bergerak sehingga daya hantarnya semakin besar. Pada larutan yang pekat, pergerakan ion lebih sulit sehingga daya hantarnya menjadi lebih rendah. Hal yang mempengaruhi daya hantar listrik selain konsentrasi adalah jenis larutan (Sukardjo, 1997).

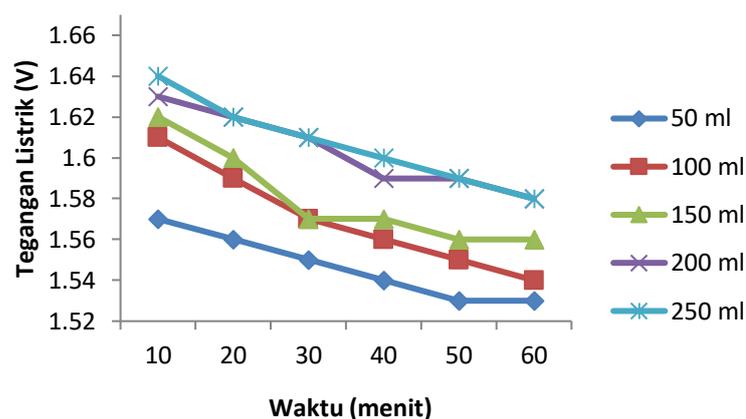
Setelah diperoleh nilai tegangan, arus, dan daya listrik dari sampel biobaterai larutan sari kulit nenas yang diukur menggunakan multimeter digital, selanjutnya pada tabel 4.11 merupakan penurunan tegangan yang terjadi pada saat penyalaan lampu LED merah selama 1 jam, penurunan tegangan yang terjadi diamati setiap 10 menit sekali pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

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

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Tegangan Listrik (Volt)	1,57	1,56	1,55	1,54	1,53	1,53	50
	1,61	1,59	1,57	1,56	1,55	1,54	100
	1,62	1,60	1,57	1,57	1,56	1,56	150
	1,63	1,62	1,61	1,59	1,59	1,58	200
	1,64	1,62	1,61	1,60	1,59	1,58	250

Tabel di atas menunjukkan penurunan tegangan yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari kulit nenas saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan tegangan terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (1,57; 1,56; 1,55; 1,54; 1,53; 1,53) Volt. Adapun nilai nilai penurunan tegangan terbesar pada volume larutan 250 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (1,64; 1,62; 1,61; 1,60; 1,59; 1,58) Volt.

Berdasarkan tabel 4.11 selama 1 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari kulit nenas mengalami penurunan tegangan yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.17 Penurunan Tegangan Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED

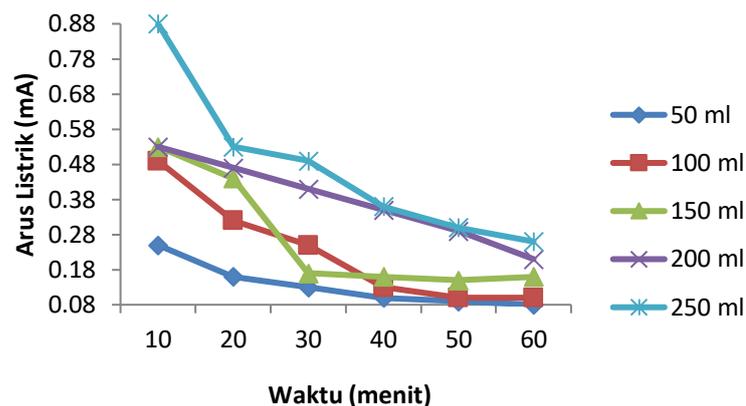
Pada tabel 4.12, penurunan arus listrik yang terjadi diamati setiap 10 menit sekali pada setiap variasi volume dan elektroda biobaterai. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

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

	Waktu (menit)						Volume (ml)
	10	20	30	40	50	60	
Arus Listrik (mA)	0,25	0,16	0,13	0,10	0,09	0,08	50
	0,49	0,32	0,25	0,13	0,10	0,10	100
	0,53	0,44	0,17	0,16	0,15	0,16	150
	0,53	0,47	0,41	0,35	0,29	0,21	200
	0,88	0,53	0,49	0,36	0,30	0,26	250

Tabel di atas menunjukkan penurunan arus yang terjadi pada sampel biobaterai larutan sari kulit nenas saat diberi LED merah selama 1 jam. Nilai penurunan arus terkecil terhadap biobaterai pada volume larutan 50 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (0,25; 0,16; 0,13; 0,10; 0,09; 0,08) mA. Adapun nilai nilai penurunan arus terbesar pada volume larutan 250 ml yang diperoleh setiap 10 menit dalam 1 jam yaitu (0,88; 0,53; 0,49; 0,36; 0,30; 0,26) mA.

Berdasarkan tabel 4.12 selama 1 jam penyalaan lampu LED merah, pada biobaterai larutan sari kulit nenas mengalami penurunan arus listrik yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut.



Gambar 4.18 Grafik Penurunan Arus Listrik Dari Sampel Biobaterai Larutan Sari Kulit Nenas Dengan Elektroda Cu-Zn Saat Diberi LED

Pada setiap volume larutan sari kulit nenas tersebut mampu menyalakan lampu selama 1 jam. Berdasarkan grafik, nilai arus dan tegangan yang diperoleh adalah stabil. Larutan sari kulit nenas dengan variasi penambahan volume dan elektroda menunjukkan peningkatan terhadap nilai tegangan dan arus listrik. Biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan elektroda tembaga dan seng. Setelah reaksi berlangsung, tembaga (Cu) mengalami reduksi sedangkan seng (Zn) mengalami oksidasi.

Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini disebabkan karena elektroda tersebut mengalami pertukaran elektron. Reaksi redoks yang terjadi pada pasangan elektroda Cu-Zn berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi tembaga (Cu) terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi seng (Zn) merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media penghantar pada sel elektrokimia. Media penghantar sebagai tempat terjadinya serah terima elektron dalam suatu reaksi yaitu larutan. Penurunan tegangan dan arus terjadi karena adanya penurunan ionisasi, artinya ion-ion pada larutan elektrolit sudah tidak mampu secara maksimal mengantarkan tegangan dan arus listrik.

4.2. Pembahasan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas (*Ananas comosus*) Dengan Memvariasikan Elektroda antara lain: Cu-Al, Cu-Fe, dan Cu-Zn. Adapun pasangan elektroda yang terbaik

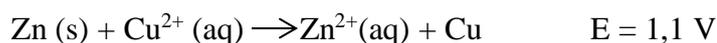
adalah biobaterai sari kulit nenas menggunakan elektroda Cu-Zn. Dari tabel dan grafik dapat dilihat perbedaan besar tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan setiap pasangan elektroda terhadap larutan sari kulit nenas. Pada pasangan elektroda tembaga (Cu)-seng (Zn) nilai tegangannya lebih tinggi dari pasangan elektroda tembaga (Cu)-besi (Fe) dan tembaga (Cu)-aluminium (Al).

Potensial suatu elektroda hanya dapat dinyatakan terhadap potensial elektroda pasangannya. Untuk membandingkan besar potensial elektroda dari berbagai-bagai logam perlu dipilih suatu bahan tertentu terhadap mana potensial elektroda setiap logam akan dinyatakan.

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



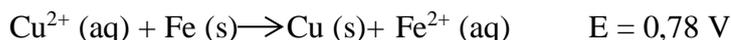
hal ini dapat diketahui dari berkurangnya massa logam Zn setelah reaksi, sedangkan massa logam Cu bertambah. Reaksi total yang terjadi sel volta adalah:



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



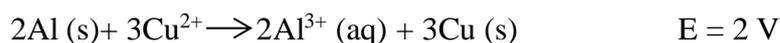
hal ini dapat diketahui dari berkurangnya massa logam Fe setelah reaksi, sedangkan massa logam Cu bertambah. Reaksi total yang terjadi sel volta adalah:



Pada anoda, logam Al melepaskan elektron dan menjadi Al^{3+} yang larut.



hal ini dapat diketahui dari berkurangnya massa logam Fe setelah reaksi, sedangkan massa logam Cu bertambah. Reaksi total yang terjadi sel volta adalah:



Pada pasangan elektroda Cu-Zn dihasilkan tegangan dan arus listrik yang paling besar dibandingkan dengan pasangan elektroda lainnya. 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). Hal tersebut dikarenakan berdasarkan pada urutan deret volta

yaitu: Zn, Ni, Sn, Ca, Li, Ba, Na, K, Mg, Fe, Mn, Pb, Al (H), Hg, Au, Cu, Ag, Pt. Daretan 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 semakin kuat (semakin mudah mengalami reduksi) (Dogra,1990 dalam Aisyah Noor Imamah, 2013).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan pada pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi volume sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Semakin banyak volume larutan yang digunakan maka semakin besar nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena, jumlah ion dari suatu larutan berbanding lurus dengan nilai konduktivitasnya.
2. Variasi elektroda sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Hal ini dikarenakan reaksi yang terjadi antara unsur penyusun pasangan logam sebagai elektroda dengan larutan sari kulit nenas sebagai elektrolit, sehingga semakin banyak elektroda yang tercelup ke dalam larutan maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar. Pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan tegangan, arus, dan daya yang paling besar yaitu 1,58 V; 0,26 mA; 0,41 mW pada volume 250 ml, dibandingkan dengan pasangan elektroda Cu-Fe dan Cu-Al.
3. Lama waktu nyala lampu LED merah saat diaplikasikan pada biobaterai larutan sari kulit nenas menggunakan pasangan elektroda Cu-Zn dan Cu-Fe adalah 1 jam, berbeda dengan saat menggunakan pasangan elektroda Cu-Al bahwa lampu hanya mampu dalam 10 menit.

5.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan memperbanyak jumlah sel untuk menghasilkan nilai tegangan, arus, dan daya yang lebih besar.

2. Sebaiknya menggunakan kulit nenas yang memiliki pH yang lebih kecil agar memperoleh nilai tegangan, arus, dan daya yang lebih besar.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian biobaterai lebih lanjut pada suhu dan kelembaban ruangan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Nelmi, Muhammad Gifron, dkk. 2018. *Pengolahan Limbah Kulit Durian dan Baterai Bekas Menjadi Salah Satu Sumber Energi Listrik Yang Ramah Lingkungan*. Jurnal IAIN Batusangkar. (Vol I. No. 1).
- Atina. 2015. *Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah*. Jurnal Universitas PGRI Palembang. (Vol. 12 No. 2).
- Baihaqi, Yusuf Muhammad. 2017. *Pengaruh Penambahan Unsur Seng (Zn) Terhadap Sifat Kekerasan Paduan Cu-Zn Untuk Aplikasi Elektroda Las*. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Dinata, Irwan dan Sunanda, Wahri. 2015. *Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database*. Jurnal Teknik Elektro FT Universitas Bangka Belitung. (Vol. 4 No. 1).
- Djamalu Fadhil, Nur, dkk. 2019. *Analisis Sifat Kelistrikan Kulit Nanas (Ananas Comosus L. Merr) Dengan Variasi Waktu Fermentasi Sebagai Larutan Elektrolit Sel Akumulator (Energi Terbarukan)*. Jurnal Fisika UNM. (Vol. 1 No.2).
- Ernawati Dessy, Arifudin, dkk. 2019. *Baterai Ramah Lingkungan dari Limbah Serbuk Kayu Merbau (Intsia bijuga) dan Matoa (Pometia sp.) (Eco-friendly battery from Merbau (Intsia bijuga) and Matoa (Pometia sp.) sawdust)*. Jurnal Fakultas Kehutanan Universitas Papua Manokowari Papua Barat. (Vol. 17 No. 1).
- Hotang Royani, Dina, dkk. 2018. *Pengaruh Kandungan Glukosa Terhadap Arus Listrik pada Biobaterai dari Pasta Elektrolit Ketapang (Terminalia catappa. L)*. Jurnal Fisika FLUX. (Vol. 15 No. 2).
- Imamah, Noor Aisyah. 2013. *Efek Variasi Bahan Elektroda Serta Variasi Jarak Antar Elektroda Terhadap Kelistrikan Yang Dihasilkan Oleh Limbah Buah Jeruk (Citrus Sp.)*. Skripsi. FMIPA Universitas Jember.

- Indriani, Kurnia. 2017. *Konsep Ulul Albab Dalam Pendidikan Islam (Analisis Surat Ali-Imran Ayat 190-191)*. Skripsi. FTIK IAIN Salatiga.
- Jauharah, Wira Dian. 2013. *Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai*. Skripsi. Universitas Jember.
- Khairiah dan Destini, Rita. 2017. *Analisis Kelistrikan Pasta Elektrolit Limbah Kulit Durian (Durio Zibethinus) Sebagai Bio Baterai*. Jurnal FKIP UNTIRTA. ISBN 978-602-19411-2-6.
- Malfudli Ulfa, Budi, dkk. 2012. *Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (Ananas Comosus L. Merr)*. Jurnal Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta. (Vol.2 No.2).
- Marito, Shinta Siregar. 2017. *Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi) Sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan*. Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA UMN.
- Ridwan, Muhammad. 2016. *Sel Elektrokimia:Karakteristik dan Aplikasi*. Jurnal Kimia FST UIN- Ar-Raniry Banda Aceh. (Vol. 2 No. 1).
- Sahrul, Chandra, dkk. 2016. *Sintesis Polianilin dan Karakteristik Kinerjanya Sebagai Anoda Pada Sistem Baterai Asam Sulfat*. Jurnal Material dan Energi Indonesia Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran. (Vol. 06 No. 01 (2016) 20-26).
- Suciyati Sri Wahyu, Suci Asmarani, dkk. 2019. *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk Sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Jurnal Fisika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung. (Vol. 7 No. 1).
- Sukardjo. 1997. *Kimia Fisika*. Yogyakarta: Rinaka Cipta.
- Sumanzaya, Tri. 2019. *Analisis Karakteristik Onggok Singkong Sebagai Pasta Biobaterai*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Triatmojo, Suseno, dkk. 2018. *Pengaruh Luas Penampang Elektroda Sel Galvanik Menggunakan Bubur Belimbing Wuluh Terhadap Tegangan Listrik Sebagai Sumber Belajar*. Jurnal Pendidikan Fisika FKIP Universitas Hamzanwadi. (Vol. II No. 2).

Whydiantoro, Susandi Dony, dkk. 2019. *Pengolahan Limbah Kulit Durian Menjadi Bio-Baterai Sebagai Energi Alternatif*. Jurnal Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Majalengka. (Vol.05 No. 02).

Yulianti, Devi. 2016. *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Skripsi. Universitas Lampung.

Rujukan Online:

<https://tafsirweb.com/6417-quran-surat-asy-syuaara-ayat-7.html> Diakses pada 16 Maret 2020, Pukul 20.15 WIB Medan.

<https://tafsirweb.com/1323-quran-surat-ali-imran-ayat-191.html> Diakses pada 16 Maret 2020, Pukul 22.00 WIB Medan.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Analisis dan Perhitungan

1.1. Perhitungan daya listrik pada biobaterai larutan sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Al

- Volume 50 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,42 \text{ V}) (0,01 \text{ mA})$
 $P = 0,01 \text{ mW}$
- Volume 100 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,44 \text{ V}) (0,01 \text{ mA})$
 $P = 0,01 \text{ mW}$
- Volume 150 ml
 $P = V.I$
- Volume 200 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,48 \text{ V}) (0,04 \text{ mA})$
 $P = 0,05 \text{ mW}$
- Volume 250 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,51 \text{ V}) (0,06 \text{ mA})$
 $P = 0,09 \text{ mW}$

1.2. Perhitungan daya listrik pada biobaterai larutan sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Fe

- Volume 50 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,53 \text{ V}) (0,08 \text{ mA})$
 $P = 0,12 \text{ mW}$
- Volume 100 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,53 \text{ V}) (0,09 \text{ mA})$
 $P = 0,13 \text{ mW}$
- Volume 150 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,55 \text{ V}) (0,14 \text{ mA})$
 $P = 0,21 \text{ mW}$
- Volume 200 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,57 \text{ V}) (0,18 \text{ mA})$
 $P = 0,28 \text{ mW}$
- Volume 250 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,58 \text{ V}) (0,20 \text{ mA})$
 $P = 0,31 \text{ mW}$

1.3. Perhitungan daya listrik pada biobaterai larutan sari kulit nenas dengan elektroda Cu-Zn

- Volume 50 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,53 \text{ V}) (0,08 \text{ mA})$
 $P = 0,12 \text{ mW}$
- Volume 100 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,54 \text{ V}) (0,10 \text{ mA})$
 $P = 0,15 \text{ mW}$
- Volume 150 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,56 \text{ V}) (0,16 \text{ mA})$
 $P = 0,24 \text{ mW}$
- Volume 200 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,58 \text{ V}) (0,21 \text{ mA})$
 $P = 0,33 \text{ mW}$
- Volume 250 ml
 $P = V.I$
 $P = (1,58 \text{ V}) (0,26 \text{ mA})$
 $P = 0,41$

Lampiran 2: Alat dan Bahan Penelitian

Multimeter digital



pH meter



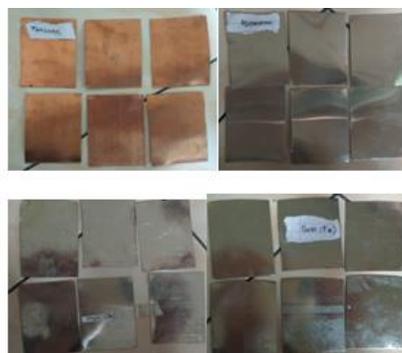
Kabel dan Penjepit Buaya



Lampu LED merah



Wadah Akrilik

Elektroda: Tembaga, Aluminium, Besi,
dan Seng



Gelas Ukur Plastik



Pisau



Gunting



Lumpang



Kulit Nenas



Saringan

Lampiran 3: Proses Pembuatan Larutan Elektrolit Sari Kulit Nenas

1. Kulit nenas yang udah dibersihkan, dipotong, kemudian dihaluskan



2. Kulit nenas diperas dan disaring



3. Pengukuran pH pada larutan sari kulit nenas



Lampiran 4: Rangkaian Alat dan Bahan Penelitian

Rangkaian Alat dan Bahan



Proses Sel Volta

Lampiran 5: Hasil Pengukuran

Pengukuran pH larutan sari kulit nenas



Pengukuran tegangan listrik tanpa LED biobaterai larutan sari kulit nenas



Pengukuran tegangan dan arus menggunakan LED merah biobaterai larutan sari kulit nenas



Kemampuan biobaterai menyalakan LED merah

RIWAYAT HIDUP



Rahmasari Pohan adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 24 Februari 1998, di Saluksuk, Kec. Pegagan Hilir, Kab. Dairi. Penulis merupakan anak ke 7 dari 7 bersaudara, dari pasangan alm. Rabbani Pohan dan Kermin Tumanggor. Penulis pertama kali masuk di SD Negeri 034788 Saluksuk pada tahun 2004 dan tamat 2010 pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMP Swasta Lingga Temba dan tamat pada tahun 2013. Setelah tamat di SMP, penulis melanjutkan ke SMA Swasta Muhammadiyah-7 Serbalawan 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 **“Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas (*Ananas Comosus*) Dengan Memvariasikan Elektroda”**.