ANALISIS EFEK VARIASI JARAK DAN JENIS ELEKTRODA TERHADAP KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN ECO ENZYME SEBAGAI BAHAN ELEKTROLIT BIO BATERAI

SKRIPSI

Oleh:

NOVITA SARI
NIM. 19640018

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023

HALAMAN PENGAJUAN

ANALISIS EFEK VARIASI JARAK DAN JENIS ELEKTRODA TERHADAP KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN ECO ENZYME SEBAGAI BAHAN ELEKTROLIT BIO BATERAI

SKRIPSI

Diajukan kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:
NOVITA SARI
NIM 19640018

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS EFEK VARIASI JARAK DAN JENIS ELEKTRODA TERHADAP KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN ECO ENZYME SEBAGAI BAHAN ELEKTROLIT BIO BATERAI

SKRIPSI

Oleh:

NOVITA SARI
NIM. 19640018

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 28 Desember 2023

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes	Muthmainnah, M.Si
NIP. 197550808 1999031 003	NIP. 19860325 201903 2 009

Mengesahkan,
Ketua Program Studi

Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 197407302003121002

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS EFEK VARIASI JARAK DAN JENIS ELEKTRODA TERHADAP KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN ECO ENZYME SEBAGAI BAHAN ELEKTROLIT BIO BATERAI

SKRIPSI

Oleh :

NOVITA SARI
NIM. 19640018

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 28 Desember 2023

Ketua Penguji	Dr. Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	Dr. Imam Tazi, M.Si NIP. 197407302 00312 1 002	
Sekretaris Penguji	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes NIP. 19750808 1999031 003	
Anggota Penguji	Muthmainnah, M.Si. NIP. 19860325 201903 2 009	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi

Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730200312 1 002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Novita Sari
NIM	: 19640018
Jurusan	: Fisika
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Penelitian	: Analisis Efek Variasi Jarak Dan Jenis Elektroda Terhadap Kelistrikan Yang Dihasilkan Eco Enzyme Sebagai Bahan Elektrolit Bio Baterai

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 Desember 2023
Yang Membuat Pernyataan

METERAI TEMPEL

Novita Sari
NIM. 19640018

MOTTO

"Saya belum pernah bertemu orang yang begitu bodoh sehingga saya tidak bisa belajar sesuatu darinya."

-Galileo Galilei-

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT dengan segala nikmat serta hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi ini dipersembahkan kepada:

1. Bapak Achmad Arifin, Ibu Umiasih dan Shanum Nazua selaku keluarga kecil penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi sehingga penulis giat untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua, kepada rekan-rekan penulis di luar perkuliahan yang selalu memberikan dorongan maupun bantuan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Kepada teman-teman fisika terkhusus teman-teman biofisika Angkatan 2019 yang sama-sama berjuang dan saling menyemangati.

Semoga do'a, motivasi dan semangat yang telah kalian berikan kepada penulis dapat menjadi amal kebaikan kepada kalian semua.

Amin Ya Robbal Alamin

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah serta nikmat-Nya berupa kesehatan, kesempatan dan kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Analisis Efek Variasi Jarak Dan Jenis Elektroda Terhadap Kelistrikan Yang Dihasilkan Eco Enzyme Sebagai Bahan Elektrolit Bio Baterai".** Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang yaitu zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan yang luas saat ini serta senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik bagi semua umat manusia.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua saya bapak Achmad Arifin dan ibu Umiasih yang telah memberikan dukungan berupa nasihat dan materi selama penulis menempuh pendidikannya hingga selesai.
2. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Hariani, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Bapak Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes dan ibu Muthmainnah, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan, dukungan, dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini..
6. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
7. Segenap keluarga besar PMII Rayon *Pencerahan* Galileo, yang telah menjadi salah satu dari sekian banyaknya rumah untuk penulis dalam belajar.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 28 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN v
MOTTO vi
HALAMAN PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GRAFIK xv
ABSTRAK xvii
ABSTRACT xviii
مستخلص البحث xix

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan 4
1.4 Batasan Masalah 5
1.5 Manfaat 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Energi 6
2.2. Kelistrikan 6
2.2.1 Konduktivitas Listrik 7
2.2.2 Daya Listrik 7
2.2.3 Besaran-besaran Daya Listrik 8
2.3 Baterai 9
2.4 Elektrokimia 9
2.4.1 Konsep Reaksi Redoks (reduksi-oksidasi) 10
2.5 Sel Volta 12

2.5.1 Potensial Sel Volta 13
2.6 Sel Elektrolisis 14
2.7 Elektroda 15
2.7.1 Jenis Elektroda 15
2.7.2 Potensial Elektroda 16
2.8 Larutan 16
2.8.1 Larutan Elektrolit 17
2.8.2 Larutan Non Elektrolit 17
2.8.3 Konduktivitas Elektrik dari Larutan Elektrolit 18
2.9 Eco Enzyme 18
2.8 Hipotesis 19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 20
3.1 Jenis Penelitian 20
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 20
3.3 Alat dan Bahan 20
3.3.1 Alat Penelitian 20
3.3.2 Bahan Penelitian 20
3.4 Variabel Penelitian 21
3.5 Prosedur Penelitian 22
3.5.1 Diagram Alir 22
3.5.2 Tahap Persiapan 22
3.5.2.1 Pembuatan Eco Enzyme 23
3.5.2.2 Pembuatan Prototipe Bio-Baterai 23
3.5.3 Penggabungan 24
3.5.4 Tahap Pengambilan Data 24
3.5.4.1 Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik serta Lama Waktu LED Menyala dengan Variasi Jenis Elektroda 24
3.5.4.2 Tabel Data Pengukuran Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda 25
3.5.4.3 Tabel Data Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda 26
3.5.4.4 Tabel Data Pengukuran Tegangan, Arus Listrik dan Lama Waktu LED Menyala pada Bio Baterai Seri Eco Enzyme 27
3.5.5 Analisis Hasil Pengukuran 28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 27

4.1 Hasil dan Analisa Data 27

4.1.1 Data Hasil Pengukuran Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda 27

4.1.2 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Elektroda. 31

4.1.3 Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik Pada Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme 35

4.1.3.1 Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme 35

4.1.3.2 Pengukuran Arus Listrik Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme 39

4.1.4 Pengukuran Tegangan Bio-baterai dan Lama Waktu Nyala LED Pada Bio-baterai Secara Seri 42

4.1.4.1 Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme 43

4.1.4.2 Pengukuran Lama Waktu LED Menyala Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme 46

4.2 Pembahasan 50

4.2.1 Hubungan Efek Variasi Jenis Elektroda dan Jarak antar Elektroda dengsn Kelistrikan yang Dihasilkan oleh Bio Baterai Tunggal 51

4.2.2 Hubungan Efek Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme dengan Kelistrikan yang Dihasilkan dan Lama Waktu LED Menyala oleh Rangkaian Bio Baterai Seri 54

4.3 Kajian Integrasi Alquran 56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 63

5.1 Kesimpulan 63

5.2 Saran 64

DAFTAR PUSTAKA 63

LAMPIRAN 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Elektrokimia (Sel Volta dan Sel Elektrokimia) 10
Gambar 3.1 Diagram Alir 22
Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran Tegangan Bio Baterai 25
Gambar 3.3 Rangkaian Pengukuran Arus Listrik Bio Baterai 25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga Potensial Sel Elektroda Standar 16
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Antar Elektroda 27
Tabel 4.2 Hasil Uji Faktorial Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal 30
Tabel 4.3 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektroda 30
Tabel 4.4 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jarak antar Elektroda 31
Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Antar Elektroda 32
Tabel 4.6 Hasil Uji Faktorial Arus Listrik Pada Bio Baterai 33
Tabel 4.7 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Elektroda 34
Tabel 4.8 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jarak antar Elektroda 34
Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran Tegangan dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai 35
Tabel 4.10 Hasil Uji Faktorial Tegangan Pada Bio Baterai 37
Tabel 4.11 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektroda 38
Tabel 4.12 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektrolit 38
Tabel 4.13 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai 39
Tabel 4.14 Hasil Uji Faktorial Arus Listrik Pada Bio Baterai 41
Tabel 4.15 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Elektroda 41
Tabel 4.16 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Eco Enzyme 42
Tabel 4.17 Data Hasil Pengukuran Tegangan dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai 43
Tabel 4.18 Hasil Uji Faktorial Tegangan Pada Bio Baterai 45
Tabel 4.19 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektroda 45
Tabel 4.20 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektrolit 46
Tabel 4.21 Data Hasil Pengukuran Lama Waktu LED Menyala dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai 46
Tabel 4.22 Hasil Uji Faktorial Lama Waktu LED Menyala Pada Bio Baterai 48
Tabel 4.23 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Elektroda 49
Tabel 4.24 Hasil Uji DMRT Lama Waktu LED Menyala Pada Variasi Jenis Elektrolit 49

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jarak antar Elektroda dan Jenis Elektroda pada Bio Baterai 28

Grafik 4.2 Rata-rata Nilai Arus Listrik dari Pengaruh Variasi Jarak antar Elektroda dan Jenis Elektroda pada Bio Baterai 33

Grafik 4.3 Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai 36

Grafik 4.4 Rata-rata Nilai Arus Listrik dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme 40

Grafik 4.5 Rata-rata Hasil Tegangan pada Bio Baterai Seri 44

Grafik 4.6 Rata-rata Lama Waktu LED Menyala dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme 47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Prosedur Kerja Selama Penelitian 64
Lampiran 2 Data Hasil Pengukuran 66
Lampiran 3 Tabel Hasil Rata-rata Pengukuran 70
Lampiran 4 Hasil Analisis Data 73

ABSTRAK

Sari,Novita. 2023. **Analisis Efek Variasi Jarak Dan Jenis Elektroda Terhadap Kelistrikan Yang Dihasilkan Eco Enzyme Sebagai Bahan Elektrolit Bio Baterai.** Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing : (I) Dr. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes (II) Muthmainnah, M.Si

Kata Kunci: Bio Baterai, Redoks, Eco Enzyme, Elektrokimia

Salah satu media yang penyimpanan energi listrik yeng terus bekembang adalah baterai. konsep elektrokimia. Dalam pemanfaatan baterai ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya kelistrikan yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi kelistrikan yang dihasilkan oleh bio baterai adalah pemilihan pasangan jenis elektroda, jarak antar elektroda dan variasi elektrolit yang digunakan di dalam nya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kelistrikan yang dihasilkan oleh bio baterai dengan menggunakan variasi jarak antar elektroda dan jenis elektroda serta variasi jenis eco enzyme. Hasil dari penelitian ini menunjukan besarnya tegangan dan arus listrik dipengaruhi oleh variasi jarak dan jenis elektroda serta variasi jenis eco enzyme. Perbedaan besarnya nilai tegangan dan arus serta lama waktu LED menyala adalah dimana semakin besar jarak antar elektroda kecil maka kelistrikan yang dihasilkan semakin besar. Perbedaan besarnya nilai tegangan dan arus serta lama waktu LED menyala akibat variasi jenis elektroda dipengaruhi oleh besarnya potensial elektroda reduksi. Selanjutnya perbedaan besarnya nilai tegangan dan arus listrik serta lama waktu LED menyala akibat variasi jenis eco enzyme dipengaruhi oleh tinggi rendahnya nilai pH pada larutan eco enzyme.

ABSTRACT

Sari, Novita. 2023. **Analysis of the Effects of Varying Distance and Type of Electrode on the Electricity Produced by Eco Enzyme as a Bio Battery Electrolyte Material**. Thesis. Physics major. Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes (II) Muthmainnah, M.Si

Keywords: Bio Battery, Redox, Eco Enzyme, Electrochemistry

One medium for storing electrical energy that continues to develop is batteries. electrochemical concept. When using batteries, there are several factors that can influence the size of the electricity produced. Factors that influence the electricity produced by a bio-battery are the choice of electrode type pair, the distance between the electrodes and the variation of electrolyte used in it. This research aims to determine the amount of electricity produced by bio batteries by using variations in the distance between electrodes and types of electrodes as well as variations in the type of eco enzyme. The results of this research show that the amount of voltage and electric current is influenced by variations in distance and type of electrode as well as variations in the type of eco enzyme. The difference in the magnitude of the voltage and current values and the length of time the LED lights up is that the greater the distance between the small electrodes, the greater the electricity produced. The difference in voltage and current values and the length of time the LED lights up due to variations in electrode type is influenced by the magnitude of the reduction electrode potential. Furthermore, differences in the magnitude of the voltage and electric current values as well as the length of time the LED lights up due to variations in the type of eco enzyme are influenced by the high and low pH values in the eco enzyme solution.

مستخلص البحث

ساري، نوفيتا. ٢٠٢٣ .**تحليل تأثيرات اختلاف المسافة ونوع القطب على الكهرباء التي ينتجها الإنزيم البيني كمواد إلكتروليتية للبطارية الحيوية.** أطرُوحة. تخصص فيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف:(١) الدكتور أجوس مولِيونو ,الماجستير (٢) مطمينة , الماجستير

الكلمات المفتاحية: البطارية الحيوية، الأكسدة والاختزال، الإنزيم البيني ,البكتروكيميا

إحدى وسائل تخزين الطاقة الكهربائية التي تستمر في التطور هي البطاريات. مفهوم الكهروكيميائية. عند استخدام البطاريات، هناك عدة عوامل يمكن أن تؤثر على حجم الكهرباء المنتجة. العوامل التي تؤثر على الكهرباء التي تنتجها البطارية الحيوية هي اختيار زوج نوع القطب الكهربائي، والمسافة بين الأقطاب الكهربائية وتنوع المنحل بالكهرباء المستخدم فيه. يهدف هذا البحث إلى تحديد كمية الكهرباء التي تنتجها البطاريات الحيوية باستخدام الاختلافات في المسافة بين الأقطاب الكهربائية وأنواع الأقطاب الكهربائية وكذلك الاختلافات في نوع الإنزيم البيني. تظهر نتائج هذا البحث أن كمية الجهد والتيار الكهربائي تتأثر بالتغيرات في المسافة ونوع القطب وكذلك الاختلافات في نوع الإنزيم البيني. الفرق في حجم الجهد وقيم التيار وطول المدة التي يضيء فيها مصباح ل ى د هو أنه كلما زادت المسافة بين الأقطاب الكهربائية الصغيرة، زادت كمية الكهرباء المنتجة. يتأثر الفرق في قيم الجهد والتيار وطول الفترة الزمنية التي يضيء فيها مؤشر ل ى د بسبب الاختلافات في نوع القطب الكهربائي بحجم جهد التخفيض الكهربائي. علاوة على ذلك، فإن الاختلافات في حجم قيم الجهد والتيار الكهربائي وكذلك طول الفترة الزمنية التي يضيء فيها مؤشر ل ى د بسبب الاختلافات في نوع الإنزيم البيني تتأثر بقيم الرقم الهيدروجيني العالية والمنخفضة في الإنزيم البيني حل.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi di abad ke-21 ini mendorong kebutuhan energi dalam setiap aktivitas. Terlebih khususnya meningkatnya kebutuhan akan energi listrik yang merupakan energi sebagian besar digunakan oleh masyarakat. Faktor yang mempengaruhi peningkatan daya konsumsi masyarakat terhadap energi listrik adalah pertumbuhan ekonomi masyarakat dalam bidang industri dan peningkatan jumlah penduduk (Putra, dkk., 2014). Oleh karena itu, perlu ditingkatkan pencarian sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan.

Salah satu media yang penyimpanan energi listrik yeng terus bekembang adalah baterai. Baterai merupakan suatu benda yang tidak asing lagi dalam kehidupan manusia. Pengaplikasian baterai seringkali digunakan dalam kehiduapan sehari-hari terutama penggunaan dalam berbagai alat elektronika (Ahsan et al., 2017). Pemanfaatan energi listrik pada baterai menggunakan reaksi kimia yang dapat menghasilkan elektron yang biasa disebut dengan prinsip reaksi elektrokimia (Muh Muhlisin et al., 2015)

Proses elektrokimia memerlukan media penghantar sebagai tempat terjadinya reaksi redoks serta larutan elektrolit (Ridwan et al., 2016). Sel volta merupakan sel elektrokimia yang memproduksi energi listrik dengan adanya reaksi kimia yang dihasilkan dari dua sel logam yang berbeda dalam larutan elektrolit, energi listrik timbul akibat adanya reaksi redoks dalam sel tersebut (Riani Putri & Maruf, 2018).

وَفِىٓ أَنفُسِكُمْ ۚ أَفَلَا تُبْصِرُونَ ﴿٢١﴾ وَفِى ٱلْأَرْضِ ءَايَٰتٌ لِّلْمُوقِنِينَ ﴿٢٢﴾

Artinya: "Dan di bumi itu terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang yakin 20. *Dan pada dirimu sendiri ada tanda-tanda kekuatan Allah. Maka apakah kamu tidak melihat? 21"* (QS.Adz-Dzariyat [51]: 22-21)

Pada (QS.Adz-Dzariyat [51]: 22-21) dapat dijelaskan bahwa di dalam diri makhluk ciptaan-Nya terkandung tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Di dalam konteks bio baterai, kita dapat melihat tanda-tanda kehidupan yang ada di dalam organisme hidup, seperti mikroorganisme, yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi listrik melalui reaksi biokimia tertentu. Pada (QS.Adz-Dzariyat [51]: 22-21) kita dapat mengingatkan akan keindahan dan kehidupan yang diciptakan oleh Allah, termasuk potensi pemanfaatan makhluk hidup dalam menghasilkan energi melalui bio Baterai

Saat ini banyak peneliti yang mengembangkan alternatif dari baterai salah satunya adalah bio-baterai. Seiring dengan perkembangan zaman para peneliti mengembangkan bio baterai yang berasal dari bahan organik yang ramah. Sehingga bio-baterai menjadi solusi dari baterai konvensional yang ramah lingkungan (Fadilah & Rahmawati, 2015). Bio baterai merupakan salah satu pengembangan baterai yang banyak diteliti dimana sumber bio-baterai adalah karbohidrat, glukosa, enzim dan asam amino (Kamilah et al., 2020).

Eco-enzyme merupakan larutan zat organik kompleks yang diproduksi dari proses fermentasi limbah organik, gula, dan air. Cairan Eco-enzyme ini berwarna coklat gelap dan memiliki aroma yang asam (Hemalatha & Visantini, 2020). Larutan ini bersifat asam yang mana di dalam larutannya eco enzyme mengandung asam asetat (H3COOH). Sedangkankan kandungan Enzyme itu sendiri adalah Lipase, Tripsin, Amilase yang Mampu membunuh atau mencegah

bakteri Patogen. Selain itu juga dihasilkan NO3 (Nitrat) dan CO3(Karbon trioksida) yang dibutuhkan oleh tanah sebagai nutrisi (Evita, 2005).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kartawidjaja et al (2008) menggunakan perasan air lemon yang digunakan sebagai elektrolit bio-baterai dengan menggunakan variasi bahan elektroda yaitu tembaga (Cu), seng (Zn), alumunium (Al), besi (Fe), timah (Ti) dengan variasi pasangan elektroda Cu – Zn, Cu - Fe, Al - Zn, Cu - Ti dan Cu – Al, diperoleh pasangan bahan Cu – Zn yang menghasilkan tegangan paling tinggi yaitu sebesar 1,020 volt dibandingkan dengan kombinasi pasangan elektroda lainnya (Kartawidjaja et al., 2008).

Penelitian ini menggunakan variasi bahan jenis atau elektroda yaitu tembaga (Cu), zinc (Zn), alumunium (Al), besi (Fe) dan. Dari keempat bahan elektroda tersebut merupakan nama-nama unsur dari deret volta atau sel volta yang merupakan sel elektrokimia yang terdiri atas dua buah elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik akibat terjadinya reaksi redoks secara spontan pada elektroda tersebut. Elektroda yang dipergunakan mempunyai jenis bahan berbeda yang mampu mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan karena setiap jenis elektroda memiliki tingkat potensial elektroda yang berbeda-beda, kombinasi bahan anoda dan katoda akan menghasilkan beda potensial.

Berdasarkan uraian di atas penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui efek kelistrikan yang ditimbulkan oleh variasi jenis dan jarak elektroda pada larutan eco enzim sebagai elektrolit bio baterai. Sehingga dari penelitian tersebut dapat memberi pengetahuan terhadap variasi jenis elektroda yang bisa menghasilkan kelistrikan yang optimal dari berbagai pasang variasi yang sudah ditentukan. Serta memberi gambaran terhadap masyarakat

umum tentang pemanfaatan eco enzim dari limbah organic atau limbah rumah tangga yang awalnya limbah tersebut dibuang akan tetapi dengan adanya percobaan ini limbah dapat dimanfaatkan sebagai pengganti energi listrik khususnya dipergunakan sebagai bio-baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian dengan judul "Analisis Efek Variasi Jenis dan Jarak Elektroda Terhadap Kelistrikan yang Dihasilkan dengan Eco Enzyme Sebagai Bio adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efek variasi jenis dan jarak elektroda terhadap arus listrik yang dihasilkan oleh eco enzyme sebagai bahan elektrolit bio baterai ?
2. Bagaimana efek variasi jenis dan jarak elektroda terhadap tegangan yang dihasilkan oleh eco enzyme sebagai bahan elektrolit bio baterai ?
3. Bagaimana efek variasi jenis elektroda dan jenis elektrolit terhadap lama waktu LED menyala yang dihasilkan oleh eco enzyme ?

1.3 Tujuan

Tujuan pada penelitian dengan judul "Analisi Efek Variasis Jenis dan Jarak Elektroda Terhadap Kelistrikan yang Dihasilkan dengan Eco Enzyme Sebagai Bio adalah sebagai berikut

1. Untuk mengetahui efek variasi jenis dan jarak elektroda terhadap arus listrik yang dihasilkan oleh eco enzyme sebagai bahan elektrolit bio baterai.
2. Untuk mengetahui efek variasi jenis dan jarak elektroda terhadap tegangan yang dihasilkan oleh eco enzyme sebagai bahan elektrolit bio baterai.
3. Untuk mengetahui efek variasi jenis dan jenis elektrolit terhadap lama waktu LED menyala yang dihasilkan oleh eco enzyme.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah sesuai yang diharapkan, maka permasalahan yang terbentuk harus diberi batasan. Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran kelistrikan pada penelitian yaitu tegangan dan arus listrik pada rangkaian bio baterai tunggal serta lama waktu LED menyala pada rangkaian bio baterai seri
2. Pengukuran bio baterai Tunggal menggunakan variasi jenis elektroda dan jarak antar elektroda
3. Pengukuran pada bio baterai seri menggunakan variasi jenis elektroda dan jenis eco enzyme

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat meningkatkan kualitas tegangan dan arus listrik terhadap variasi jarak dan jenis elektroda dari bio baterai dan memberi kontribusi yang baik dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi

Energi merupakan suatu zat yang tidak berbentuk dan sukar untuk dibuktikan namun dapat dirasakan keberadaannya. Suatu energi juga merupakan kemampuan untuk melakukan kerja. Energi dapat berubah bentuk dari bentuk energi yang asli ke bentuk energi lainnya yang bisa disebut sebagai transformasi energi (Sutrisno, 1997).

Energi merupakan kuantitas yang mendasar dalam terjadinya suatu pergerakan atau kerja. Dalam suatu konsep lain ada yang disebutkan yaitu daya yang merupakan besarnya energi itu per satuan waktu, atau dalam rumus

$$P = \frac{E}{t} \tag{2.1}$$

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

$$E = P \times t \tag{2.2}$$

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

2.2. Kelistrikan

Kelistrikan merupakan sifat energi suatu benda yang biasa digunakan sehari-hari. Kata"listrik" berasal dari kata Yunani yaitu elektron (Tipler,1996). Dalam ilmu fisika, sifat benda yang muncul dari adanya muatan listrik disebut juga kelistrikan. Dalam kelistrikan terdapat istilah lagi lainnya 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.

2.2.1 Konduktivitas Listrik

Konduktivitas adalah suatu kemampuan bahan untuk dapat memindahkan muatan listrik (elektron) dengan jarak tertentu (Jaya Saputra et al , 2023). Konduktivitas tergantung dari hambatan jenis suatu bahan. Konduktivitas listrik pada larutan sangat bergantung pada jenis, suhu dan konsentrasi ion dalam larutan. Ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik besar. Daya hantar listrik menunjukkan kemampuan fluida untuk menghantarkan listrik. Semakin besar nilai konduktivitas listrik berarti kemampuan dalam menghantarkan listrik semakin kuat (Saeni, 1989).

2.2.2 Daya Listrik

Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah rangkaian listrik. Daya listrik menyatakan banyaknya energi listrik yang terpakai setiap detiknya. Satuan daya listrik adalah Watt. Di mana 1 Watt = 1 Joule/detik. Apabila suatu muatan lewat melalui hambatan, maka terjadi proses penurunan potensial. Jika selisih potensial kedua ujung resistor adalah V, maka jumlah energi yang hilang adalah :

$$P = V \times I \tag{2.3}$$

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

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

2.2.3 Besaran-besaran Daya Listrik

a. Arus Listrik

Arus listrik adalah setiap muatan listrik yang berada dalam kondisi bergerak atau mengalir. Kuat arus didefinisikan sebagai kuantitas muatan melalui penampang penghantar setiap detik. Dalam satuan SI, kuat arus I diukur dalam satuan ampere, disingkat A.

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

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

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

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

b. Beda Potensial Listrik

Ada dua hal yang perlu diketahui di dalam arus listrik yang mengalir di suatu penghantar. Pertama, adanya selisih potensial yang menjadi penyebab muatan terbawa melalui penghantar. Kedua, adanya muatan yang bergerak melalui penghantar harus memiliki nilai kontinu dan kembali ke titik awal ketika muatan itu mulai bergerak, sehingga melalui penghantar dan seterusnya. Diantara keduanya selisih potensial lah yang membuat muatan tersebut bergerak (Tobing,1996). Muatan bergerak dari satu titik ke titik lain melakukan suatu usaha (W_{ab}). Jika W_{ab} adalah usaha yang

dikerjakan oleh sebuah partikel bermuatan Q dari titik a ke titik b, maka perbedaan potensial listrik antara titik a dan b adalah V_{ab} , yang dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$V_{ab} = \frac{W}{Q} = V_a - V_b \tag{2.7}$$

dengan V_{ab} adalah beda potensial listrik antara titik a dan titik b.

2.3 Baterai

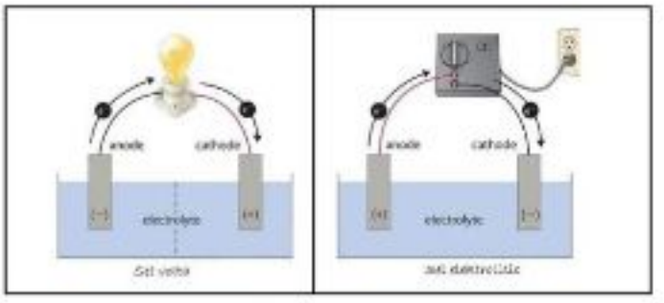
Baterai adalah suatu media penyimpanan energi yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda potensial. Baterai sendiri memiliki dua komponen utama yaitu elektroda dan elektrolit. Setiap jenis elektroda mempunyai nilai potensial elektroda (E^0) yang berbeda-beda. Jenis dan luas permukaan elektroda mampu mempengaruhi jumlah beda potensial yang dihasilkan. Jika luas permukaan elektroda diperbesar maka akan semakin banyak elektron yang dapat dioksidasi dibandingkan dengan elektroda dengan luas permukaan yang kecil (Kartawidjaja, 2008).

Salah satu usaha pengembangan energi listrik melalui media baterai yaitu dengan pemanfaatan bahan pembuatan baterai dari bahan organic yang biasa disebut dengan bio-baterai. Sehingga bio-baterai menjadi solusi dari baterai konvensional yang ramah lingkungan (Fadilah & Rahmawati, 2015). Bio-baterai merupakan salah satu pengembangan yang banyak diteliti dimana sumber bio-baterai adalah karbohidrat, glukosa, enzim dan asam amino (Kamilah et al., 2020).

2.4 Elektrokimia

Elektrokimia adalah ilmu kimia yang mempelajari transfer elektron dalam media penghantar listrik (elektroda). Konsep elektrokimia didasarkan pada reaksi

reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Sel elektrokimia terdiri dari sel volta dan sel elektrolisis (Sukmawati Wati, 2020). Sel elektrokimia adalah alat yang digunakan untuk melakukan perubahan kimia dalam sel untuk menghasilkan listrik. Sel elektrokimia dapat berupa sel volta dan sel elektrolisis



Gambar 2.1 Rangkaian Elektrokimia (Sel Volta dan Sel Elektokimia)

Sel elektrokimia terdiri dari sel kimi dan sel konsentrasi. Sel kimia ada yang dengan perpindahan dan tanpa perpindahan. Sel konsentrasi terbagi menjadi dua yaitu konsentrasi elektroda dan konsentrasi elektrolit. Sama halnya dengan sel kimia, sel konsentrasi elektrolit ada yang dengan perpindahan dan tanpa perpindahan. Pada sel konsentrasi yang berbeda hanyalah konsentrasinya, bukan jenis elektroda dan elektrolitnya. Reaksi keseluruhan dari sel tersebut merupakan transfer materi dari satu bagian ke bagian lain (Sri Mulyani, 2005).

2.4.1 Konsep Reaksi Redoks (reduksi-oksidasi)

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُوْنَ ﴿٤٩﴾

Artinya; *"Dan tiap-tiap sesuatu yang Kami ciptakan berpasang-pasangan, supaya kamu mengingat kebesaran Allah."* (QS.Adz-Dzariyat [51]: 49)

Menurut tafsir Quraish Syihab dari semua ciptaan Allah SWT semua selama dia makhluk memiliki pasangan. Hanya sang khalik,Allah SWT yang tidak ada pasangan-Nya, tidak ada pula sama-Nya. dari adanya malam ada siang, ada senang ada susah, ada atas ada bawah, demikian seterusnya. Dari segi ilmiah terbukti

bahwa listrik pun berpasangan, ada arus positif dan ada juga arus negatif, demikian juga atom, yang tadinya diduga merupakan wujud yang terkecil dan tidak dapat terbagi, ternyata ia pun berpasangan. Atom terdiri dari elektron dan proton.

Sehingga pada (QS.Adz-Dzariyat [51]: 49) dapat ditarik kesinambungan dengan topik teori penelitian ini yaitu pada pada prinsip dasar reaksi redoks, di mana ada reaktan yang kehilangan elektron (oksidasi) dan reaktan lain yang menerima elektron (reduksi). Dalam setiap pasangan reaksi redoks, ada pasangan reaksi yang berlawanan dalam hal kehilangan dan penerimaan elektron. Kekuatan Allah dalam menciptakan kehidupan dan interaksi kompleks antara berbagai unsur. Dalam konteks elektrokimia, reaksi redoks terjadi melalui transfer elektron antara zat-zat kimia. Ayat ini mengingatkan kita akan keajaiban penciptaan Allah dalam memungkinkan adanya interaksi kimiawi yang menghasilkan energi dan menjaga kehidupan.

Dalam sebuah sel, kelistrikan dihasilkan dengan melepaskan elektron pada salah satu elektroda (oksidasi) dan menerima elektron pada elektroda lainnya (reduksi). Elektroda yang melepaskan elektron disebut anoda, sedangkan elektroda yang menerima elektron disebut katoda. Jadi sebuah sel selalu terdiri dari anoda sebagai elektroda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi, katoda sebagai elektroda tempat berlangsungnya reaksi reduksi, dan larutan elektrolit atau larutan ionik yang dapat menghantarkan arus, larutan ionik dianggap sebagai resistor dalam suatu rangkaian. (Bird, 1993).

Perubahan total elektron diakomodasi oleh elektroda dengan ikatan logam. Jika terjadi reaksi oksidasi, muatan positif dari ion dalam larutan terjadi akibat lepasnya electron dan terdelokal menuju anoda. Dengan elektron larutan menjadi

bermuatan positif dibandingkan pada elektroda. Pada proses sebaliknya, ion dalam larutan akan menangkap eleectron dari katoda sebelum terbentuk deposit pada permukaannya. Pada anoda menjadi kekurangan elektron dan akan menjadi bermuatan positif dibandingkan larutannya. Elektroda yang mengalami reaksi oksidasi akan mengalami peningkatan bilangan oksidasi, sedangkan elektroda yang mengalami reaksi reduksi akan mengalami penurunan bilangan oksidasi. Anoda yang dihasilkan dari proses oksidasi akan terlarut dalam elektrolit sedangkan atom netral yang tidak bermuatan yang dihasilkan dari reaksi reduksi akan membentuk logam padat pada katoda (Suyanta, 2013). Dari pernyataan diatas bisa diberi contoh reaksi reduksi dan oksidasi menggunakan logam Cu adalah sebagai berikut:

a. Reaksi Reduksi

$$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e- \quad (2.8)$$

Dimana sudah dijelaskan bahwasannya reaksi yang terjadi saat reduksi adalah dimana terjadi peristiwa penangkapan elektron atas suatu zat. Senyawa yang mengalami reduksi disebut sebagai oksidator

b. Reaksi Oksidasi

$$Cu^{2+} + 2e- \longrightarrow Cu \quad (2.9)$$

Dimana sudah dijelaskan juga bahwasannya reaksi yang terjadi saat oksidasi adalah dimana terjadi peristiwa pelepasan elektron atas suatu zat. Senyawa yang mengalami oksidasi disebut sebagai reduktor (Syukri, 1999).

2.5 Sel Volta

Sel volta adalah sel yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui mekanisme reaksi oksidasi-reduksi (redoks) spontan. Sel volta juga dikenal sebagai sel galvani. Sel galvani terdiri dari dua elektroda dan elektrolit.

Elektroda terhubung ke konduktor eksternal yang membawa elektron masuk atau keluar sel. Elektroda mungkin atau tidak berpartisipasi dalam reaksi sel. Setiap elektroda dan elektrolit yang mengelilinginya membentuk setengah sel. Reaksi elektroda adalah setengah reaksi yang terjadi dalam setengah sel. Dua setengah sel dihubungkan oleh jembatan garam. Arus dibawa oleh ion-ion yang bergerak melalui jembatan garam. Arus galvanik atau volta dapat menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari reaksi kimia secara spontan. Cara kerja dari sel galvani sebagai berikut,

a. Pada anoda terjadi oksidasi dan elektron bergerak menuju elektroda.
b. Elektron mengalir melalui sirkuit luar menuju ke elektroda.
c. Elektron berpindah dari katoda ke zat dalam elektrolit, zat yang menerima elektron mengalami reduksi (Hiskia,1992).

2.5.1 Potensial Sel Volta

Potensial sel volta dapat ditentukan secara eksperimental dengan menggunakan voltmeter atau potensiometer. Potensial sel volta dapat juga dihitung berdasarkan data potensial elektroda positif (katoda) dan potensial elektroda negatif (anoda). Potensial sel total merupakan penjumlahan potensial setengah sel reduksi dan setengah sel oksidasi. (Dogra, 1990).

$$E^0\text{sel} = E^0 \text{ katoda} - E^0 \text{ anoda} \qquad (2.10)$$

Semakin besar potensial sel, maka kemungkinan dapat terjadi reaksi akan semakin tinggi. Arah reaksi yang mungkin adalah yang menghasilkan harga positif dari potensial sel (Rahmawati,2013).

Dalam proses elektrokimia terutama dalam sel volta, energi listrik ditransformasikan ke dalam energi listrik, kemudian muatan-muatan listrik tersebut ditransfer melalui suatu sirkuit eksternal. Jika E_{Sel} adalah potensial sel yang

dihitung dari potensial reduksi/oksidasi setiap setengah sel, dan C_{trans} adalah arus listrik yang terukur selama terjadinya reaksi kimia, maka C_{trans} tersebut dapat dinyatakan juga sebagai perkalian jumlah total elektron yang ditransfer (mol) dan konstanta faraday (F), dari pernyataan di atas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:(Rahmawati,2013).

$$\text{Energi Listrik} = E_{Sel} \cdot C_{trans} = E_{Sel}\ n\ F \qquad (2.11)$$

2.6 Sel Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit dalam sel elektrolisis dibawah pengaruh arus listrik. Sel Elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi reduksi dan oksidasi yang diinginkan Komponen terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan larutan elektrolit (Marwati, 2013). Salah satu bahan baku elektrolisis adalah air, elektrolisis air yang memiliki rumus kimia H2O yang merupakan suatu proses dimana senyawa (H2O) dipecah menjadi unsur-unsurnya yaitu hidrogen (H2) dan oksigen (O2) dengan menggunakan arus listrik.

Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk mengubah reaksi kimia yang terjadi. Pada sel elektrolisis, katoda bermuatan negatif sedangkan anoda bermuatan positif. Rangkaian sel elektrolisis hampir menyerupai sel volta. Yang membedakan sel elektrolisis dari sel volta pada sel elektrolisis, komponen voltmeter diganti dengan sumber arus (AC atau DC). Larutan yang ingin dielektrolisis, ditempatkan dalam suatu wadah. Kemudian elektroda dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang akan dielektrolisis (Ridwan et al., 2016).

2.7 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk melakukan kontak dengan bagian non-logam dari sebuah rangkaian, seperti semikonduktor, elektrolit atau vakum. Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari konduktor elektrolit (logam) dan konduktor ionik (larutan).

Elektroda dalam sel elektrokimia biasa disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai tempat di mana elektron datang dari sel elektrokimia dan terjadi reaksi oksidasi, dan katode didefinisikan sebagai tempat di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan terjadi reaksi reduksi. Setiap elektroda dapat menjadi anoda atau katoda tergantung pada tegangan sel elektrokimia (Hiskia,1992)

2.7.1 Jenis Elektroda

Berdasarkan jenisnya elektroda dibagi menjadi dua bagian diantaranya yaitu:

a. Anoda

Pada sel galvanik, anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan dilepaskan oleh elektroda ini. Pada sel elektrolisis, sumber eksternal tegangan didapat dari luar, sehingga anoda bermuatan positif apabila dihubungkan dengan katoda. Ion- ion bermuatan negatif akan mengalir pada anoda untuk dioksidasi (Dogra,1990).

b. Katoda

Merupakan elektroda- elektroda tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda yang

terjadi pada sel galvani. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda ini untuk direduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda. Pada sel elektrolisis, katoda adalah elektroda yang bermuatan negatif. Ion-ion bermuatan positif (kation) mengalir ke elektroda ini untuk direduksi. Dengan demikian, di sel galvanik, elektron bergerak dari anoda ke katoda dalam sirkuit eksternal. (Bird,1993).

2.7.2 Potensial Elektroda

Potensial elektroda standar adalah daya gerak listrik yang dihasilkan dari pelepasan elektron dari reaksi reduksi. Oleh karena itu, potensial elektroda standar sering juga disebut potensial reduksi standar. Potensial ini relatif karena dibandingkan dengan elektroda hidrogen sebagai standar. Berikut merupakan tabel setengah reaksi reduksi elektroda :

Tabel 2.1 Harga Potensial Sel Elektroda Standar

Setengah Reaksi	Potensial Elektroda (E^0)	Oksidator	Reduktor
Cu^{2+}(aq)+$2e^-$ ⇆ Cu(s)	+0.34 V	Kuat ↑	Lemah ↓
Fe^{2+}(aq)+$2e^-$ ⇆ Fe(s)	-0.44 V		
Zn^{2+}(aq)+$2e^-$ ⇆ Zn(s)	-0.76 V		
Al^{3+}(aq)+$3e^-$ ⇆ Al(s)	-1.66 V		

Nilai potensial elektroda standar dinyatakan dalam satuan Volt (V). Untuk elektroda hidrogen, E^0 nya adalah 0,00V.

1. Bila $E^0 > 0$ → cenderung mengalami reduksi (bersifat oksidator)
2. Bila $E^0 < 0$ → cenderung mengalami oksidasi (bersifat reduktor) (Hiskia, 1992).

2.8 Larutan

Larutan adalah campuran homogen dari dua zat atau lebih. Suatu larutan terdiri dari zat terlarut dan pelarut. Zat yang jumlahnya banyak biasanya disebut

pelarut, sementara zat yang jumlahnya sedikit disebut zat terlarut. Berdasarkan kemampuannya untuk bisa mengahntarkan listrik, larutan dibedakan menjadi dua yaitu, larutan elektrolit dan larutan non elektrolit.

2.8.1 Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik karena terionisasi menjadi ion-ion yang bergerak bebas. Larutan elektrolit ini juga terbagi menjadi dua bagian yaitu :

a. Larutan elektrolit Kuat

Larutan elektrolit kuat ini mampu terionisasi secara sempurna. Derajat ionisasinya adalah 1 dan menghasilkan reaksi irreversible (searah/satu arah). Larutan elektrolit kuat ini dapat menghasilkan nyala lampu yang terang dan menghasilkan banyak gelembung gas. Beberapa sifat larutan yang termasuk ke dalam larutan elektrolit kuat adalah larutan asam kuat, larutan basa kuat dan garam.

b. Larutan Elektrolit Lemah

Larutan elektrolit lemah ini dapat terionisasi Sebagian. Derajat ionisasinya adalah antara 0<1. Reaksi yang dihasilkan adalah reaksi reversible (dua arah). Larutan elektrolit lemah ini dapat memberikan nyala lampu yang redup atau bisa mati namun dengan gelembung gas yang sedikit. Beberapa jenis larutan yang termasuk ke dalam larutan elektrolit lemah adalah Larutan asam lemah dan larutan basa lemah.

2.8.2 Larutan Non Elektrolit

Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak menghantarkan listrik karena tidak terionisasi. Selain itu, larutan ini tidak dapat menghidupkan nyala

lampu dan tidak menghasilkan gelembung gas. Beberapa larutan yang termasuk ke dalam larutan non elektrolit adalah gula, alcohol, acuades urea dan hidrokarbon (alkana, alkena, alkuna) (Sri Mulyani, 2005).

2.8.3 Konduktivitas Elektrik dari Larutan Elektrolit

Terdapat perbedaan pada arus listrik yang terjadi pada suatu logam dan suatu larutan elektrolit yaitu, pada logam arus listrik disebabkan oleh adanya aliran elektron, sedangkan pada larutan elektrolit arus listrik disebabkan oleh adanya konduksi ion. Karena ion-ion tersebut memiliki massa yang relatif lebih berat daripada elektron, maka Gerakan dari ion-ion tersebut lebih lambat daripada electron. Akibatnya, konduktivitas larutan elektrolit lebih rendah daripada logam. Persamaan di bawah ini dapat diterapkan pada kedua penghantar listrik :

$$R = V \div I \tag{2.12}$$

R adalah hambatan, V adalah Potensial dan I adalah kuat arus yang mengalir melalui elektrolit atau logam (Rahmawati,2013).

2.9 Eco Enzyme

Keasaman suatu bahan mempengaruhi kapasitas daya listriknya. Baterai dapat menghasilkan listrik karena memiliki dua elektroda dan larutan elektrolit yang bersifat asam. Semakin asam larutan elektrolit, maka semakin tinggi konsentrasi ion hidrogennya dan semakin besar hantaran arus dari anoda ke katoda dimana keasaman suatu bahan berhubungan dengan fermentasi. Fermentasi adalah proses dimana energi diproduksi dalam sel tanpa adanya oksigen, dan biasanya terjadi untuk menghasilkan keasaman dari bahan. Derajat keasamannya dapat diketahui dengan menggunakan pH meter (Hendri et al , 2015) Faktor yang mempengaruhi proses fermentasi antara lain yaitu pH, suhu, jenis mikroba, oksigen

dan nutrisi. Faktor ini mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada proses fermentasi (Arlianti, 2018). Pada karbohidrat yang mengandung glukosa apabila dicampur dengan air dan didiamkan tanpa adanya udara atau kedap udara selama beberapa waktu maka akan terjadi fermentasi yang memperoleh etanol. Etanol yang masih utuh didiamkan akan teroksidasi menjadi asam etanoat atau asam asetat (Muh Muhlisin et al., 2015).

Eco-enzyme merupakan larutan zat organik kompleks yang diproduksi dari proses fermentasi limbah organik, gula dan air. Cairan Eco-enzyme ini berwarna coklat gelap dan berbau asam (Hemalatha & Visantini, 2020). Larutan ini bersifat asam, dimana dalam larutan eco enzyme mengandung asam asetat (H3COOH). Eco enzyme yang terbuat dari bahan organik memiliki jenis mikroba yang berbeda. Mikroba tersebut umumnya berupa bakteri dan cendawan. Beberapa literatur mengatakan bahwa bakteri yang ada dalam eco enzyme adalah Bakteri Asam Laktat (BAL)(Ihdina & Dezi, 2023) .Sedangkan kandungan Enzymenya sendiri adalah Lipase, Tripsin, Amilase yang mampu menghancurkan atau menghambat bakteri Patogen. Selain itu juga dihasilkan NO3 (Nitrat) dan CO3(Karbon trioksida) yang dibutuhkan oleh tanah sebagai unsur hara (Evita, 2005).

2.8 Hipotesis

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, peneliti mengajukan hipotesis bahwa besarnya potensial sel dan jarak antar elektroda pada bio baterai memberikan pengaruh signifikan terhadap kelistrikan yang dihasilkan oleh bio baterai.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan variabel yang dikehendaki dan pengujian karakteristik. Pada penelitian ini menggunakan sampel larutan eco enzyme dengan variasi jarak yaitu 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm dan 14 cm, serta variasi empat jenis elektroda yaitu Tembaga (Cu), Zinc (Zn), Alumunium (Al), Besi (Fe).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan bulan Juni hingga bulan Desember 2023. Penelitian ini dilakukan secara pribadi.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Multimeter Digital sebagai alat pengukur tegangan dan arus bio-baterai.
2. Kabel dan jepit buaya sebagai penghubung rangkaian bio-baterai, voltmeter, amperemeter dan beban.
3. Gelas ukur sebagai alat pengukur volume dari larutan.
4. pH meter digunakan sebagai alat pengukur pH.
5. Wadah plastik dengan ukuran 10 x 8 x 4,5 cm lengkap dengan tutupnya sebagai wadah bio-baterai.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Air

2. Gula (*Molase*)
3. Buah Nanas
4. Kulit Buah Jeruk Peras
5. Dioda LED merah.
6. Elektroda yang berbentuk plat atau lempengan dengan jenis : Tembaga (Cu), Zinc (Zn), Alumunium (Al), Besi (Fe).

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam uji penelitian karakteristik kelistrikan dari larutan eco enzyme ini menggunakan dua variable yakni :

1. Variabel bebas

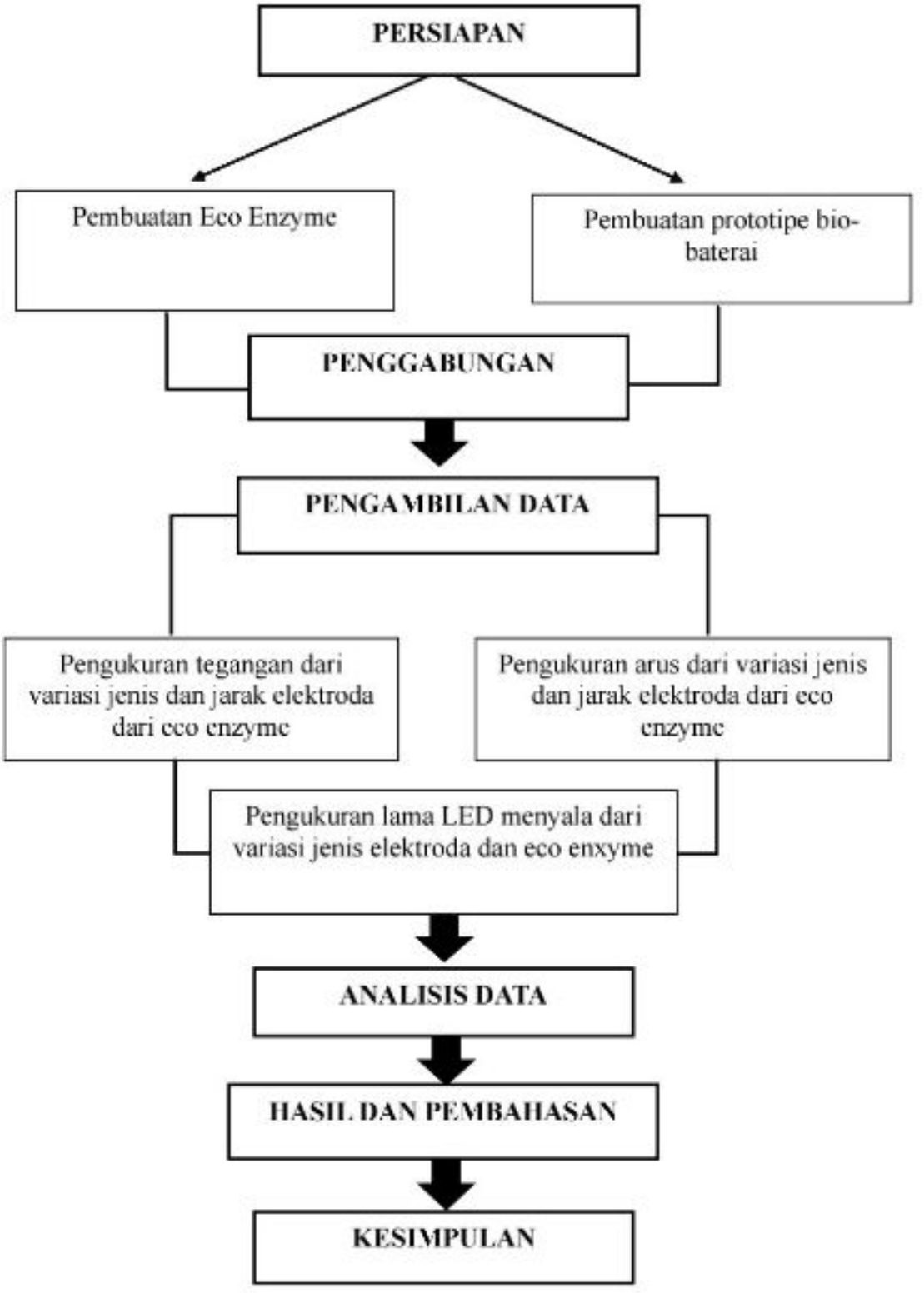
   Yang termasuk dalam variabel bebas adalah variasi jenis dan jarak dari elektroda.

2. Variabel terikat

   Yang termasuk dalam variabel terikat adalah tegangan, arus listrik dan lama waktu LED menyala

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.5.2 Tahap Persiapan

3.5.2.1 Pembuatan Eco Enzyme

Proses pembuatan eco enzyme pada penelitian ini dilakukan mulai dari tanggal 1 Juni 2023 hingga 3 Agustus 2023. Beberapa bahan yang diperlukan untuk membuat eco enzyme adalah dengan menggunakan bahan dasar yaitu air, gula, buah nanas, dan kulit jeruk peras. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan Eco Enzyme adalah sebagai berikut :

1. Dimasukan air bersih ke dalam wadah sebanyak 60% volume wadah
2. Gula (*molase*) dimasukan ke dalam wadah dengan takaran 10% dari air
3. Buah yang sudah dipotong dimasukan ke dalam wadah yang sudah berisikan air dan gula sebanyak 30% dari berat air
4. Semua bahan diaduk hingga rata dan wadah ditutup rapat.
5. Beri label tanggal pembuatan
6. Jika wadah menggembung buka tutup wadah untuk membuang gas di minggu pertama.
7. Larutan siap dipanen di umur 3 bulan dalam masa fermentasi.

3.5.2.2 Pembuatan Prototipe Bio-Baterai

Pertama wadah plastik yang akan digunakan sebagai wadah bio-baterai disiapkan, kemudian tutup di buat lubang dengan ukuran sesuai luas permukaan elektroda, kemudian elektroda yang telah disiapkan sebelumnya dimasukan ke dalam lubang tersebut. Selanjutnya wadah diisi larutan eco enzyme dengan volume yang ditentukan sebelumnya. Tutup wadah yang telah dipasangi elektroda.

3.5.3 Penggabungan

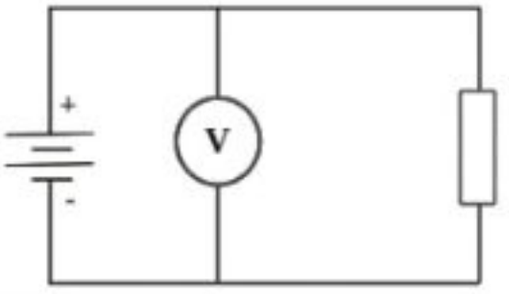
Pada tahap penggabungan ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu, pertama yaitu menggabungkan peralatan ukur dengan rangkaian bio baterai yang sudah diisi dengan eco enzyme. Dan tahapan selanjutnya yaitu pengukuran tegangan, arus listrik dan lama waktu LED menyala dengan variasi jenis elektroda dan jarak antar elektroda,

3.5.4 Tahap Pengambilan Data

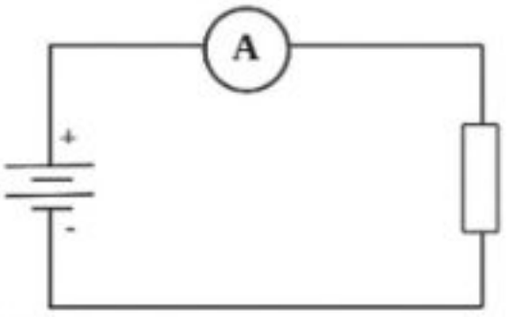
3.5.4.1 Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik serta Lama Waktu LED Menyala dengan Variasi Jenis Elektroda

Pada Bio-baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi jenis elektroda yang tepat sehingga menghasilkan tegangan bio-baterai yang optimal. Dimana pada rangkaian bio baterai menggunakan variasi jarak mulai dari 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, dengan menggunakan 1 rangkaian bio baterai dengan menggunakan resistor sebesar 10 Ohm yang berisikan 250 ml larutan eco enzyme. Sedangkan pada rangkaian bio baterai seri hanya menggunakan jarak sebesar 5 cm dengan menggunakan 6 bio baterai yang masing-masingnya terdapat 250 ml larutan eco enzyme. Pengukuran dilakukan dengan 3 kali pengulangan dan menggunakan 5 macam pasangan elektroda yang sudah ditentukan. Langkah selanjutnya bio-baterai disambungkan dengan multimeter digital serta lampu LED dengan menggunakan kabel dan jepit buaya. Tegangan dan arus yang muncul pada multimeter dicatat setiap pengujian dilakukan. Untuk pengukuran lama waktu LED menyala digunakan alat yaitu

stopwatch. Selanjutnya pengukuran diulang dengan menggunakan kombinasi elektroda yang berbeda, yaitu: Cu-Zn,Cu-Fe,Cu-Al,Zn-Fe dan Fe-Al.



Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran Tegangan Bio Baterai



Gambar 3.3 Rangkaian Pengukuran Arus Listrik Bio Baterai

Tabel 3.1 Tabel Data Pengukuran Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda

Variasi Elektroda	**Variasi Jarak**	**Tegangan (Volt)**			**Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi**
		Ulangan Ke-1	**Ulangan ke-2**	**Ulangan Ke-3**	
Cu-Fe	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Cu-Zn	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Cu-Al	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				

Lanjutan Tabel Data Pengukuran Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda

Variasi Elektroda	Variasi Jarak	Tegangan (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangana Ke-3	
Fe-Zn	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Fe-Al	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				

Tabel 3.2 Tabel Data Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda

Variasi Elektroda	Variasi Jarak	Arus Listrik (Ampere)			Nilai Rata-rata Arus Listrik dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan ke-2	Ulangan Ke-3	
Cu-Fe	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Cu-Zn	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Cu-Al	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Fe-Zn	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				
Fe-Al	6 cm				
	8 cm				
	10 cm				
	12 cm				
	14 cm				

Tabel 3.3 Tabel Data Pengukuran Tegangan, Arus Listrik dan Lama Waktu LED Menyala pada Bio Baterai Seri Eco Enzyme

Variasi Elektrolit	Variasi Elektroda	Tegangan Listrik (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn				
	Cu-Fe				
	Cu-Al				
	Fe-Zn				
	Fe-Al				
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn				
	Cu-Fe				
	Cu-Al				
	Fe-Zn				
	Fe-Al				

Variasi Elektrolit	Variasi Elektroda	Arus Listrik (Ampere)			Nilai Rata-rata Arus Listrik dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn				
	Cu-Fe				
	Cu-Al				
	Fe-Zn				
	Fe-Al				
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn				
	Cu-Fe				
	Cu-Al				
	Fe-Zn				
	Fe-Al				

Variasi Elektrolit	Variasi Elektroda	Lama Waktu LED Menyala (Jam)			Nilai Rata-rata Lama Waktu LED Menyala dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn				
	Cu-Fe				
	Cu-Al				
	Fe-Zn				
	Fe-Al				
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn				
	Cu-Fe				
	Cu-Al				
	Fe-Zn				
	Fe-Al				

3.5.5 Analisis Hasil Pengukuran

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental, dimana ada tiga kali pengulangan disetiap perlakuannya. Analisi untuk hasil pengukuran pada penelitian ini menggunakan uji factorial pada aplikasi SPSS untuk mengetahui apakah ada perbedaan pengaruh kelistrikan di setiap perlakuan variasi jenis elektroda dan variasi jarak antar elektroda pada bio baterai selanjutnya dilakukan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan pengaruh kelistrikan yang optimum.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisa Data

Dari seluruh rangkaian pengukuran yang dilakukan didapatkan nilai tegangan dan arus listrik yang berbeda dari variasi jarak dan jenis elektroda. Pengukuran ini diukur dalam tiga kali pengulangan. Nilai temperatur pada suhu larutan eco enzyme adalah $26^{\circ}C$. Pada pengukuran nilai Ph didapatkan nilai Ph sebesar 4,7 untuk larutan eco enzyme kulit buah jeruk dan 5 untuk larutan eco enzyme buah nanas, sedangkan pada larutan eco enzyme campuran didapatkan nilai ph sebesar 4,8. Berikut merupakan hasil data dari seluruh rangkaian pengukuran :

4.1.1 Data Hasil Pengukuran Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda

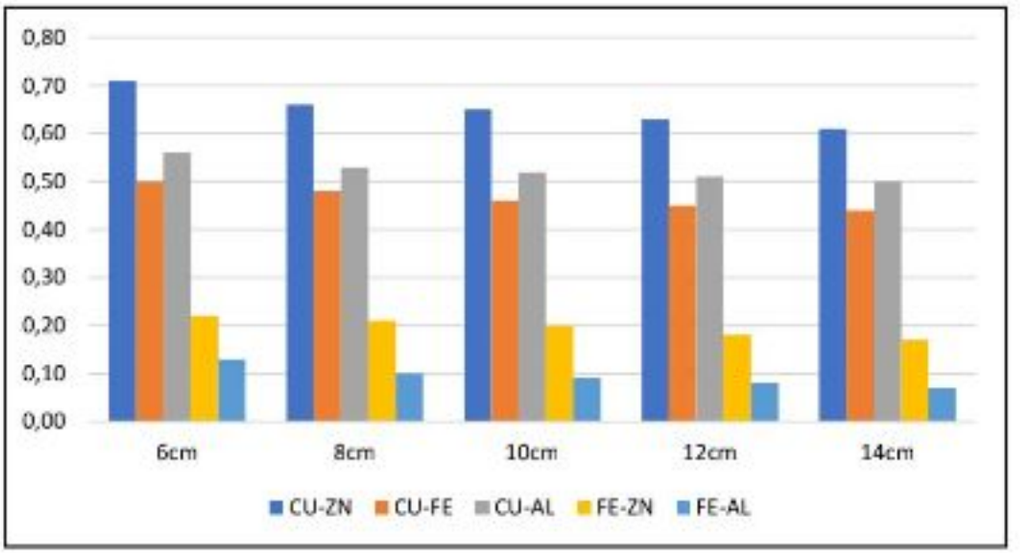
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Antar Elektroda

Variasi Elektroda	Variasi Jarak	Tegangan (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan ke-2	Ulangan Ke-3	
Cu-Zn	6 cm	0,7	0,71	0,71	0,71 ±0,01
	8 cm	0,65	0,66	0,66	0,66 ±0,01
	10 cm	0,65	0,65	0,65	0,65 ±0,00
	12 cm	0,64	0,62	0,62	0,63 ±0,01
	14 cm	0,6	0,61	0,62	0,61 ±0,01
Cu-Fe	6 cm	0,5	0,5	0,49	0,5 ±0,01
	8 cm	0,48	0,49	0,48	0,48 ±0,01
	10 cm	0,46	0,46	0,45	0,46 ±0,01
	12 cm	0,45	0,45	0,45	0,45 ±0,00
	14 cm	0,45	0,44	0,44	0,44 ±0,01
Cu-Al	6 cm	0,56	0,57	0,56	0,56 ±0,01
	8 cm	0,53	0,53	0,52	0,53 ±0,01
	10 cm	0,52	0,52	0,51	0,52 ±0,01
	12 cm	0,5	0,51	0,51	0,51 ±0,01
	14 cm	0,5	0,5	0,5	0,5 ±0,00

Lanjutan Tabel Data Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Antar Elektroda

Variasi Elektroda	Variasi Jarak	Tegangan (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Fe-Zn	6 cm	0,23	0,22	0,22	0,22 ±0,01
	8 cm	0,22	0,21	0,21	0,21 ±0,01
	10 cm	0,2	0,21	0,2	0,20 ±0,01
	12 cm	0,18	0,18	0,17	0,18 ±0,01
	14 cm	0,17	0,16	0,17	0,17 ±0,01
Fe-Al	6 cm	0,14	0,12	0,14	0,13 ±0,01
	8 cm	0,1	0,1	0,1	0,1 ±0,00
	10 cm	0,09	0,09	0,1	0,09 ±0,01
	12 cm	0,08	0,09	0,08	0,08 ±0,01
	14 cm	0,08	0,07	0,06	0,07 ±0,01

Hasil pada pengukuran Bio Baterai tunggal yang menggunakan eco enzyme campuran dengan variasi jarak dan pasangan elektroda dapat dilihat pada tabel 4.1, pengukuran dilakukan dengan tiga kali pengulangan pada setiap pasangan elektroda serta jarak yang berbeda dengan menggunakan resistor sebesar 10 ohm. Pada tabel diatas hasil pengukuran nilai tegangan dipengaruhi oleh variasi jarak yang sudah ditentukan. Semakin kecil jarak antar elektroda yang pada saat pengukuran maka semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan.



Grafik 4.1 Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jarak antar Elektroda dan Jenis Elektroda pada Bio Baterai

Pada pasangan elektroda Cu-Zn pada jarak antar elektroda 6cm diperoleh nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 0.71 V. Untuk pasangan elektroda Cu-Fe pada jarak antar elektroda 6 cm diperoleh nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 0.5 V. Untuk pasangan elektroda Cu-Al pada jarak antar elektroda 6cm diperoleh nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 0.56 V. Untuk pasangan elektroda Fe-Zn pada jarak antar elektroda 6cm diperoleh nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 0.22 V. Untuk pasangan elektroda Fe-Al pada jarak antar elektroda 6cm diperoleh nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 0.13 V.

Pengaruh perbedaan pasangan jenis elektroda dan jarak terhadap nilai tegangan pada bio baterai dapat dilakukan uji secara statistic dengan menggunakan uji faktorial pada SPSS. Kemudian dilakukan uji hipotesis sebagai pernyataan berikut:

1. H0 diterima apabila mendapatkan nilai signifikansi > 0,05, yang berarti pada pengukuran tersebut tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari perbedaan pasangan jenis elektroda dan variasi jarak antar elektroda terhadap tegangan pada bio baterai.
2. H0 ditolak apabila mendapatkan nilai signifikansi < 0,05, yang berarti pada pengukuran tersebut terdapat pengaruh yang signifikan dari perbedaan pasangan jenis elektroda dan variasi jarak antar elektroda terhadap tegangan pada bio baterai.

Tabel 4.2 Hasil Uji Faktorial Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	14.452[a]	25	0.578	14452.000	0.000
Elektroda	3.227	4	0.807	20166.367	0.000
Jarak	0.039	4	0.010	246.783	0.000
Elektroda* Jarak	0.003	16	0.000	5.429	0.000
Error	0.002	50	4.000E-5		
Total	14.454	75			

Dari hasil uji faktorial pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pengaruh jarak antar elektroda dan pasangan jenis elektroda serta interaksi jarak dan jenis elektroda diperoleh nilai signifikansi 0,00 > 0,05, maka hipotesis ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan jarak antar elektroda dan pasangan elektroda serta interaksi jarak dan jenis elektroda mempengaruhi besarnya nilai tegangan yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan Uji DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan nilai tegangan yang optimum. Pada analisis variasi pasangan jenis elektroda menggunakan notasi angka 1 untuk pasangan elektroda Cu-Zn, angka 2 untuk pasangan elektroda Cu-Fe, angka 3 untuk pasangan elektroda Cu-Al, angka 4 untuk pasangan elektroda Fe-Zn dan angka 5 untuk pasangan elektroda Fe-Al. pada analisis variasi jarak antar elektroda menggunakan notasi angka 1 untuk jarak 6 cm, angka 2 untuk jarak 8 cm, angka 3 untuk jarak 10 cm, angka 4 untuk jarak 12 cm, angka 5 untuk jarak 14 cm.

Tabel 4.3 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektroda

Elektroda	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Fe-Al	0,09±0,02	a
Fe-Zn	0,20±0,02	b
Cu-Fe	0,47±0,02	c
Cu-Al	0,52±0,02	d
Cu-Zn	0,65±0,04	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa setiap pasangan elektroda menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada pasangan elektroda Cu-Zn yang ditandai dengan notasi e dimana pasangan elektroda ini menunjukan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 0,65 V. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, Fe-Zn, Fe-Al yang mendapatkan rata-rata nilai tegangan sebesar 0.52 V 0.47 V, 0.29 V, 0.09 V.

Tabel 4.4 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jarak antar Elektroda

Jarak	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
14cm	0,36±0,24	a
12cm	0,37±0,23	b
10cm	0,39±0,23	c
8cm	0,40±0,2	d
6cm	0,42+0,22	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa setiap variasi jarak antar elektroda menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada jarak antar elektroda yaitu 6cm yang ditandai dengan notasi e dimana jarak ini menunjukan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 0,42 V. Dilanjutkan dengan jarak yang lain 8 cm, 10 cm, 12 cm,14 cm yang mendapatkan rata-rata nilai tegangan sebesar 0.40 V, 0.39 V, 0.37 V, 0.36 V.

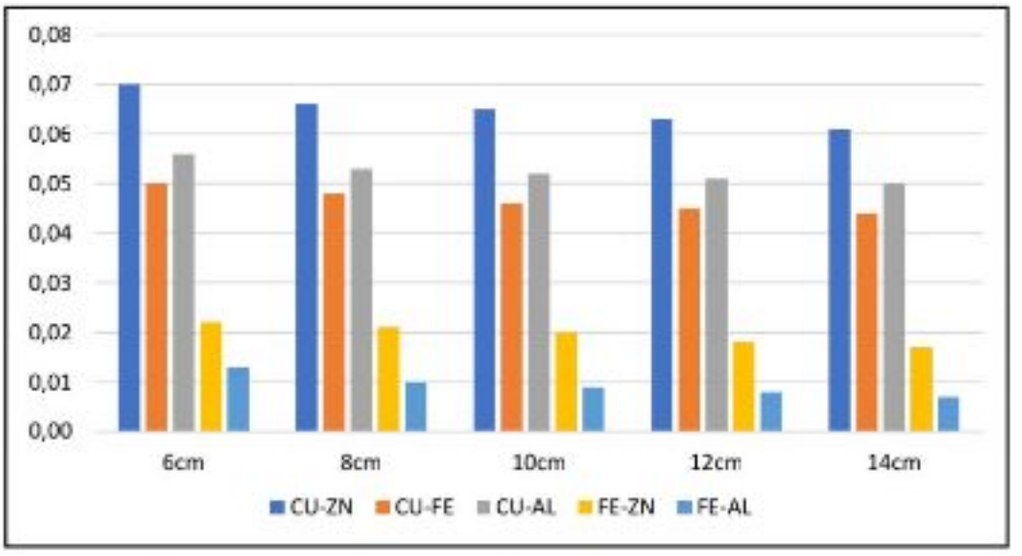
4.1.2 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Elektroda.

Hasil pada pengukuran Bio Baterai yang menggunakan eco enzyme dengan variasi jarak dan pasangan elektroda dapat dilihat pada tabel gambar 4.5, pengukuran dilakukan dengan tiga kali pengulangan pada setiap pasangan elektroda serta jarak yang berbeda dengan menggunakan resistor sebesar 10 ohm. Pada tabel

diatas hasil pengukuran nilai tegangan dipengaruhi oleh variasi jarak yang sudah ditentukan. Semakin kecil jarak antar elektroda yang digunakan pada saat pengukuran makan semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan

Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Antar Elektroda

Variasi Elektroda	**Variasi Jarak**	**Arus Listrik (Ampere)**			**Nilai Rata-rata Arus Listrik dan Standar Deviasi**
		Ulangan Ke-1	**Ulangan ke-2**	**Ulangan Ke-3**	
Cu-Zn	6 cm	0,07	0,071	0,071	0,07 ±0,01
	8 cm	0,065	0,066	0,066	0,066 ±0,01
	10 cm	0,065	0,065	0,065	0,065 ±0,00
	12 cm	0,064	0,062	0,062	0,063+0,01
	14 cm	0,06	0,061	0,062	0,061±0,01
Cu-Fe	6 cm	0,05	0,05	0,049	0,05±0,01
	8 cm	0,048	0,049	0,048	0,048±0,01
	10 cm	0,046	0,046	0,045	0,046±0,01
	12 cm	0,045	0,045	0,045	0,045+0,00
	14 cm	0,045	0,044	0,044	0,044+0,01
Cu-Al	6 cm	0,056	0,057	0,056	0,056±0,01
	8 cm	0,053	0,053	0,052	0,053±0,01
	10 cm	0,052	0,052	0,051	0,052±0,01
	12 cm	0,05	0,051	0,051	0,051±0,01
	14 cm	0,05	0,05	0,05	0,05+0,00
Fe-Zn	6 cm	0,023	0,022	0,022	0,022+0,01
	8 cm	0,022	0,021	0,021	0,021±0,01
	10 cm	0,02	0,021	0,02	0,020±0,01
	12 cm	0,018	0,018	0,017	0,018±0,01
	14 cm	0,017	0,016	0,017	0,017±0,01
Fe-Al	6 cm	0,013	0,012	0,014	0,013+0,01
	8 cm	0,01	0,01	0,01	0,01+0,00
	10 cm	0,009	0,009	0,01	0,009±0,01
	12 cm	0,008	0,009	0,008	0,008±0,01
	14 cm	0,008	0,007	0,006	0,007±0,01



Grafik 4.2 Rata-rata Nilai Arus Listrik dari Pengaruh Variasi Jarak antar Elektroda dan Jenis Elektroda pada Bio Baterai

Pada pasangan elektroda Cu-Zn dengan jarak antar elektroda 6cm diperoleh rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.071 A. Untuk pasangan elektroda Cu-Fe dengan jarak antar elektroda 6 cm diperoleh rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.05 A. Untuk pasangan elektroda Cu-Al dengan jarak antar elektroda 6cm diperoleh rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.056 A. Untuk pasangan elektroda Fe-Zn dengan jarak antar elektroda 6 cm diperoleh rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.022 A. Untuk pasangan elektroda Fe-Al dengan jarak antar elektroda 6 cm diperoleh rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.013 A.

Analisis pengaruh perbedaan pasangan jenis elektroda dan jarak antar elektroda terhadap nilai arus listrik pada biobaterai dapat dilakukan uji secara statistic dengan menggunakan uji factorial pada SPSS.

Tabel 4.6 Hasil Uji Faktorial Arus Listrik Pada Bio Baterai

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	0.145[a]	25	0.006	14452.000	0.000
Elektroda	0.032	4	0.008	20166.367	0.000
Jarak	0.000	4	9.871E-5	246.783	0.000
Elektroda* Jarak	3.475E-5	16	2.172E-6	5.429	0.000
Error	2.000E-5	50	4.000E-7		

Dari hasil uji faktorial pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa pengaruh jarak antar elektroda dan perbedaan pasangan jenis elektroda serta interaksi jarak dengan elektroda diperoleh nilai signifikansi 0,00 > 0,05, maka hipotesis ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan jarak antar elektroda dan pasangan elektroda serta interaksi jarak dengan elektroda mempengaruhi besarnya nilai arus listrik yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan Uji DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan nilai arus listrik yang optimum

Tabel 4.7 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Elektroda

Elektroda	Rata-rata Nilai Arus Listrik (Ampere)	Notasi
Fe-Al	0,009±0,002	a
Fe-Zn	0,019±0,002	b
Cu-Fe	0,046±0,002	c
Cu-Al	0,052±0,002	d
Cu-Zn	0,065+0,004	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.7 dapat diketahui bahwa setiap pasangan elektroda menghasilkan nilai arus listrik beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada pasangan elektroda Cu-Zn yang ditandai dengan notasi e dimana pasangan elektroda ini menunjukan bahwa arus listrik yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 0,065 A. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, Fe-Zn, Fe-Al yang mendapatkan rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.052 A, 0.046 A, 0.019 A, 0.009 A.

Tabel 4.8 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jarak antar Elektroda

Jarak	Rata-rata Nilai Arus Listrik (Ampere)	Notasi
14cm	0,036±0,024	a
12cm	0,037±0,023	b
10cm	0,038+0,023	c
8cm	0,040±0,023	d
6cm	0,042±0,022	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.8 dapat diketahui bahwa setiap variasi jarak antar elektroda menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada jarak antar elektroda yaitu 6 cm yang ditandai

dengan notasi e dimana jarak ini menunjukan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 0,042 A. Dilanjutkan dengan jarak yang lain 8 cm, 10 cm, 12 cm,14 cm yang mendapatkan rata-rata nilai tegangan sebesar 0.040 A, 0.038 A, 0.037 A, 0.036 A.

4.1.3 Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik Pada Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme

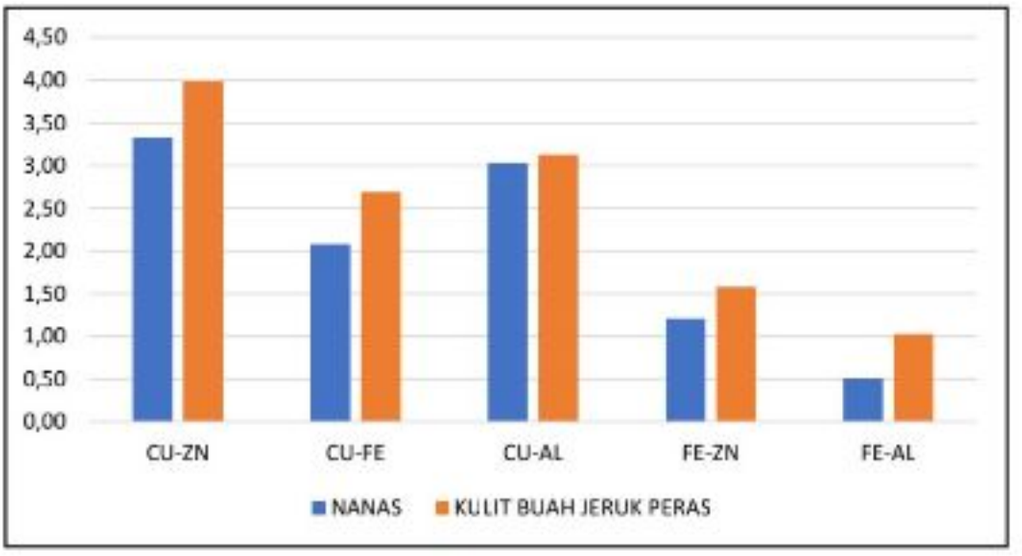
Selanjutnya adalah pengukuran tegangan dan arus listrik pada bio baterai yang dirangkai secara seri dengan menggunakan jarak antar elektroda sebesar 5 cm dan hambatan sebesar 10 Ohm serta variasi elektroda yang sama yang digunakan pada pengukuran sebelumnya. Rangkaian pada pengukuran kali ini menggunakan 6 buah rangkaian sel sehingga dapat menghasilkan tegangan serta arus listrik yang seimbang untuk bisa menyalakan lampu LED.

4.1.3.1 Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran Tegangan dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Tegangan Listrik (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	3,32	3,33	3,34	3,33±0,01
	Cu-Fe	2,09	2,08	2,07	2,08±0,01
	Cu-Al	3,02	3,05	3,03	3,03±0,02
	Fe-Zn	1,21	1,21	1,22	1,21±0,01
	Fe-Al	0,48	0,52	0,49	0,50±0,02
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	4	3,98	3,99	3,99±0,01
	Cu-Fe	2,69	2,7	2,68	2,69±0,01
	Cu-Al	3,15	3,12	3,12	3,13±0,02
	Fe-Zn	1,59	1,57	1,58	1,58±0,01
	Fe-Al	1,04	1,03	1,03	1,03±0,01

Pada tabel 4.9 merupakan hasil dari pengukuran tegangan pada bio baterai. pada pengukuran ini dilakukan menggunakan 6 buah rangkaian sel bio baterai yang disusun secara seri dengan jarak antar elektroda sebesar 5cm serta menggunakan hambatan sebesar 10 Ohm. Variasi yang digunakan adalah variasi pasangan jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme yang berupa larutan eco enzyme. Pasangan elektroda yang digunakan adalah Cu-Zn, Cu-Fe, Cu-Al, Fe-Zn, Fe-Al.



Grafik 4.3 Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

Pada grafik 4.3 dapat dilihat hasil pengukuran tegangan pada rangkaian bo baterai dengan variasi jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme. Pada grafik tersebut dengan bio baterai yang menggunakan eco enzyme buah nanas dapat dilihat bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 3,33 V. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 2,08 V, pasangan elektroda Cu-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 3,03 V, pasangan elektroda Fe-Zn yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,21 V dan pasangan elektroda Fe-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 0,50 V.

Pada grafik 4.3 juga dapat dilihat hasil pengukuran tegangan pada rangkaian bio baterai yang menggunakan larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras. Pada pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata tegangan yang sebesar 3,99 V. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 2,69 V, pasangan elektroda Cu-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 3,13 V, pasangan elektroda Fe-Zn yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,58 V dan pasangan elektroda Fe-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,03 V.

Analisis pengaruh perbedaan pasangan jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme terhadap nilai tegangan pada bio baterai dapat dilakukan uji secara statistic dengan menggunakan uji factorial pada SPSS.

Tabel 4.10 Hasil Uji Faktorial Tegangan Pada Bio Baterai

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	64.440[a]	10	6.444	87872.091	0.000
Elektrolit	0.273	1	0.273	3718.000	0.000
Elektroda	3.481	4	0.870	11868.568	0.000
Elektrolit* Elektroda	0.364	4	0.91	1239.932	0.000
Error	0.001	20	7.333E-5		
Total	64.441	30			

Dari hasil uji faktorial pada tabel 4.10 dapat dilihat bahwa pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit elektroda diperoleh nilai signifikansi 0,00 > 0,05, maka hipotesis ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda mempengaruhi besarnya nilai arus listrik yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan Uji DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan nilai arus listrik yang optimum.

Tabel 4.11 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektroda

Elektroda	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Fe-Al	0,76±0,37	a
Fe-Zn	1,40±0,26	b
Cu-Fe	2,38±0,43	c
Cu-Al	3,08±007	d
Cu-Zn	3,66±0,46	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.11 dapat diketahui bahwa setiap pasangan elektroda menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada pasangan elektroda Cu-Zn yang ditandai dengan notasi e dimana pasangan elektroda ini menunjukan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 3,66 V. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, Fe-Zn, Fe-Al yang mendapatkan rata-rata nilai tegangan sebesar 3,08 V, 2,38 V, 1,40 V, 0,76 V.

Tabel 4.12 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Eco Enzyme

Eco Enzyme	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	2,03±1,19	a
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	2,48±1,18	b

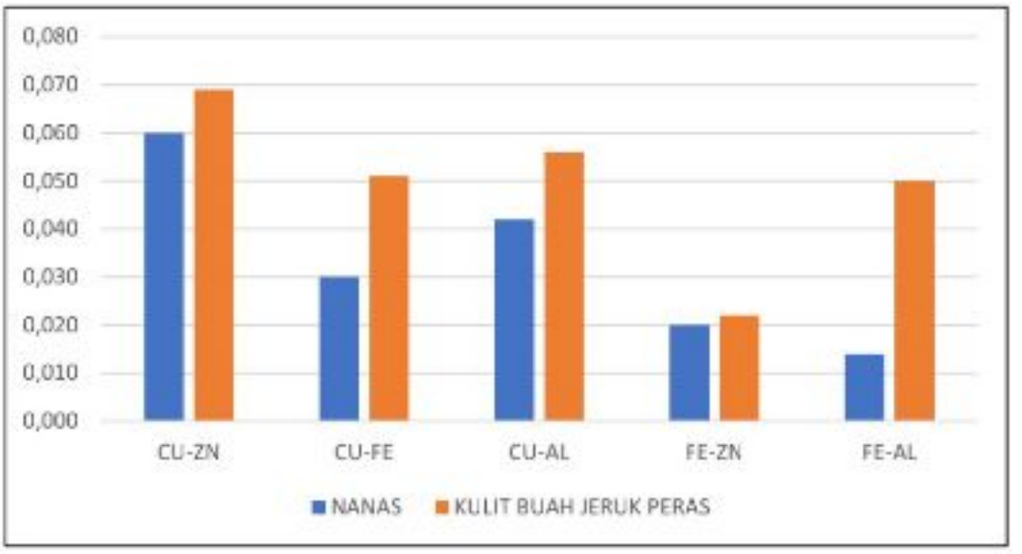
Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.12 dapat diketahui bahwa setiap jenis eco enzyme menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang memiliki nilai tegangan yang terbaik ada pada larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras yang ditandai dengan notasi b, dimana dari eco enzyme kulit buah jeruk peras menghasilkan nilai tegangan terbesar yaitu sebesar 2,48 V. Kemudian untuk elektrolit eco enzyme nanas menghasilkan nilai tegangan sebesar 2,03 V.

4.1.3.2 Pengukuran Arus Listrik Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

Tabel 4.13 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Arus Listrik (Ampere)			Nilai Rata-rata Arus dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	0,06	0,059	0,061	0,06±0,001
	Cu-Fe	0,029	0,032	0,03	0,030±0,002
	Cu-Al	0,04	0,045	0,042	0,042±0,003
	Fe-Zn	0,019	0,021	0,02	0,020±0,001
	Fe-Al	0,015	0,016	0,012	0,014±0,002
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	0,070	0,070	0,067	0,069±0,002
	Cu-Fe	0,052	0,05	0,05	0,051±0,001
	Cu-Al	0,056	0,055	0,058	0,056±0,002
	Fe-Zn	0,021	0,024	0,022	0,022±0,002
	Fe-Al	0,011	0,013	0,014	0,05±0,007

Pada tabel 4.13 merupakan hasil dari pengukuran Arus Listrik pada bio baterai. pada pengukuran ini dilakukan menggunakan 6 buah rangkaian sel bio baterai yang disusun secara seri dengan jarak antar elektroda sebesar 5 cm serta menggunakan hambatan sebesar 10 Ohm. Variasi yang digunakan adalah variasi pasangan jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme. Pasangan elektroda yang digunakan adalah Cu-Zn, Cu-Fe, Cu-Al, Fe-Zn, Fe-Al. Eco enzyme yang digunakan merupakan larutan eco enzyme buah nanas dan eco enzyme kulit buah jeruk peras dengan umur fermentasi selama 7 bulan. .



Grafik 4.4 Rata-rata Nilai Arus Listrik dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme

Pada grafik 4.4 dapat dilihat rata-rata hasil pengukuran arus listrik pada rangkaian bo baterai yang menggunakan elektrolit berupa larutan eco enzyme buah nanas. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata arus listrik yaitu sebesar 0,060 A. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,030 A, pasangan elektroda Cu-Al yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,042A, pasangan elektroda Fe-Zn yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,020 A dan pasangan elektroda Fe-Al yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,014 A

Pada grafik 4.4 dapat dilihat pula rata-rata nilai arus listrik terbesar ada pada bio baterai yang menggunakan eco enzyme kulit buah jeruk peras. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata arus listrik yaitu sebesar 0,069 A. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,051 A, pasangan elektroda Cu-Al yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar

0,056 A, pasangan elektroda Fe-Zn yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,022 A dan pasangan elektroda Fe-Al yang menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,013 A.

Analisis pengaruh perbedaan pasangan jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme terhadap nilai arus listrik pada biobaterai dapat dilakukan uji secara statistic dengan menggunakan uji factorial pada SPSS. Kemudian dilakukan uji hipotesis sebagai pernyataan berikut:

Tabel 4.14 Hasil Uji Faktorial Arus Listrik Pada Bio Baterai

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	1.886[a]	10	0.189	122972.370	0.000
Elektrolit	0.015	1	0.015	10081.761	0.000
Elektroda	0.338	4	0.084	55086.880	0.000
Elektrolit* Elektroda	0.003	4	0.001	510.946	0.000
Error	3.067E-5	20	1.533E-6		
Total	1.886	30			

Dari hasil uji faktorial pada tabel 4.14 dapat dilihat bahwa pengaruh pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda diperoleh nilai signifikansi 0,00 > 0,05, maka hipotesis ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda mempengaruhi besarnya nilai arus listrik yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan Uji DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan nilai arus listrik yang optimum.

Tabel 4.15Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Elektroda

Elektroda	Rata-rata Nilai Arus Listrik (Ampere)	notasi
Fe-Al	0,026±0,025	a
Fe-Zn	0,045±0,001	b
Cu-Fe	0,081±0,014	c
Cu-Al	0,098±0,009	d
Cu-Zn	0,129+0,006	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.15 dapat diketahui bahwa setiap pasangan elektroda menghasilkan nilai arus listrik beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada pasangan elektroda Cu-Zn yang ditandai dengan notasi e dimana pasangan elektroda ini menunjukan bahwa arus listrik yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 0,129 A. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, Fe-Zn, Fe-Al yang mendapatkan rata-rata nilai arus listrik sebesar 0.098 A, 0.081 A, 0.042 A 0.069 A.

Tabel 4.16 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Eco Enzyme

Eco Enzyme	Rata-rata Nilai Arus Listrik (Ampere)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	0,033±0,018	a
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	0,051±0,017	b

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.16 dapat diketahui bahwa setiap jenis eco enzyme menghasilkan nilai arus listrik beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang memiliki nilai arus listrik yang terbaik ada pada larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras yang ditandai dengan notasi b, dimana dari eco enzyme buah nanas menghasilkan nilai arus listrik terbesar yaitu sebesar 0,051 A. Kemudian untuk elektrolit eco enzyme nanas menghasilkan nilai arus listrik sebesar 0,033 A.

4.1.4 Pengukuran Tegangan Bio-baterai dan Lama Waktu Nyala LED Pada Bio-baterai Secara Seri

Berikutnya adalah pengukuran tegangan dan lama waktu LED menyala pada bio baterai yang dirangkai secara seri dengan menggunakan jarak antar elektroda sebesar 5 cm serta variasi elektroda yang sama yang digunakan pada pengukuran sebelumnya. Pengukuran kali ini menggunakan rangkaian yang sama dengan pengukuran sebelumnya yaitu menggunakan 6 buah sel rangkaian bio

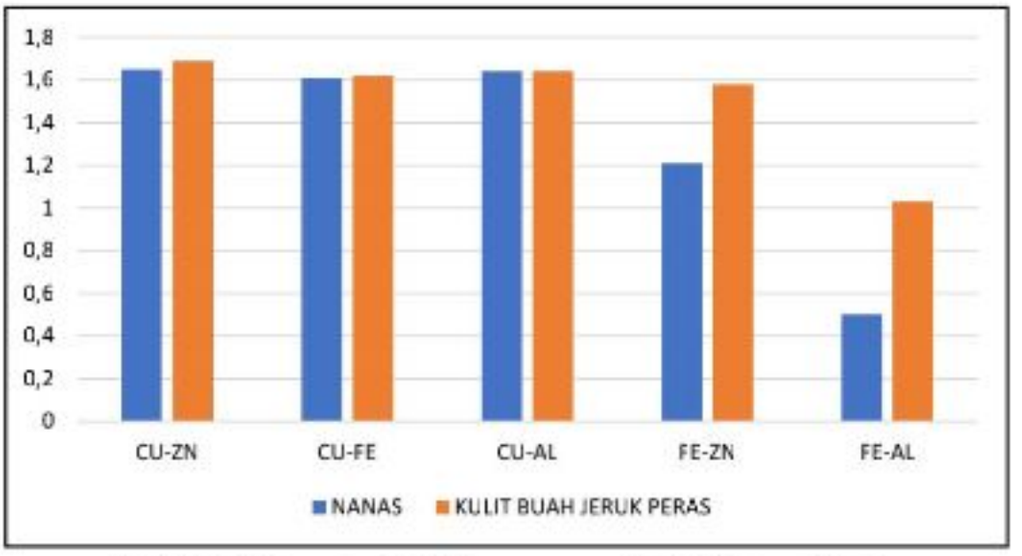
baterai yang dirangkai secara seri. Yang mana tujuannya adalah untuk menghasilkan tegangan serta arus listrik yang seimbang untuk bisa menyalakan lampu LED.

4.1.4.1 Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

Tabel 4.17 Data Hasil Pengukuran Tegangan dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Tegangan Listrik (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	1,66	1,65	1,65	1,65±0,006
	Cu-Fe	1,61	1,61	1,6	1,61±0,006
	Cu-Al	1,64	1,64	1,65	1,64±0,006
	Fe-Zn	1,22	1,21	1,21	1,21±0,006
	Fe-Al	0,48	0,52	0,49	0,50±0,02
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	1,7	1,69	1,69	1,69±0,006
	Cu-Fe	1,62	1,62	1,62	1,62±0,00
	Cu-Al	1,64	1,64	1,64	1,64±0,00
	Fe-Zn	1,59	1,57	1,58	1,58±0,01
	Fe-Al	1,04	1,03	1,03	1,03±0,006

Pada tabel 4.17 merupakan hasil dari pengukuran tegangan pada bio baterai pada pengukuran ini dilakukan menggunakan 6 buah rangkaian sel bio baterai yang disusun secara seri dengan jarak antar elektroda sebesar 5 cm. Variasi yang digunakan adalah variasi pasangan jenis elektroda dan variasi jenis elektrolit yang berupa larutan eco enzyme. Pasangan elektroda yang digunakan adalah Cu-Zn, Cu-Fe, Cu-Al, Fe-Zn, Fe-Al. larutan eco enzyme yang digunakan merupakan eco enzyme dari bahan buah nanas dan eco enzyme kulit buah jeruk peras.



Grafik 4.5 Rata-rata Hasil Tegangan pada Bio Baterai Seri

Pada grafik 4.5 dapat dilihat hasil pengukuran rata-rata nilai tegangan ada pada rangkaian bio baterai yang menggunakan larutan eco enzyme nanas. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 1,65 V. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,61 V, pasangan elektroda Cu-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,64 V, pasangan elektroda Fe-Zn yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,21 V dan pasangan elektroda Fe-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 0,50 V

Pada grafik 4.5 juga dapat dilihat hasil pengukuran rata-rata nilai tegangan pada rangkaian bio baterai yang menggunakan larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwah pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata tegangan yaitu sebesar 1,69 V. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,62 V, pasangan elektroda Cu-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,64 V, pasangan elektroda Fe-Zn yang menghasilkan nilai rata-rata

tegangan sebesar 1,58 V dan pasangan elektroda Fe-Al yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 1,03 V.

Analisis pengaruh perbedaan pasangan jenis elektroda dan variasi jenis elektrolit terhadap nilai tegangan pada biobaterai dapat dilakukan uji secara statistic dengan menggunakan uji factorial pada SPSS.

Tabel 4.18 Hasil Uji Faktorial Tegangan Pada Bio Baterai

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	188.558[a]	10	18.856	122972.370	0.000
Elektroda	1.546	1	1.546	10081.761	0.000
Elektrolit	33.787	4	8.447	55086.880	0.000
Elektroda* Elektrolit	0.003	20	0.000	510.946	0.000
Error	0.003	20	0.000		
Total	188.561	30			

Dari hasil uji faktorial pada tabel 4.18 dapat dilihat bahwa pengaruh pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda diperoleh nilai signifikansi 0,00 > 0,05, maka hipotesis ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda mempengaruhi besarnya nilai tegangan yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan Uji DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan nilai arus listrik yang optimum.

Tabel 4.19Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Elektroda

Elektroda	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Fe-Al	0,76±0,37	a
Fe-Zn	1,40±0,26	b
Cu-Fe	1,61+0,007	c
Cu-Al	1,64±0,00	d
Cu-Zn	1,67±0,02	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.19 dapat diketahui bahwa setiap pasangan elektroda menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada pasangan elektroda Cu-Zn yang ditandai dengan notasi e

dimana pasangan elektroda ini menunjukan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 1,67 V.

Tabel 4.20 Hasil Uji DMRT Tegangan Pada Variasi Jenis Eco Enzyme

Eco Enzyme	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	1,32±0,5	a
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	1,51±0,27	B

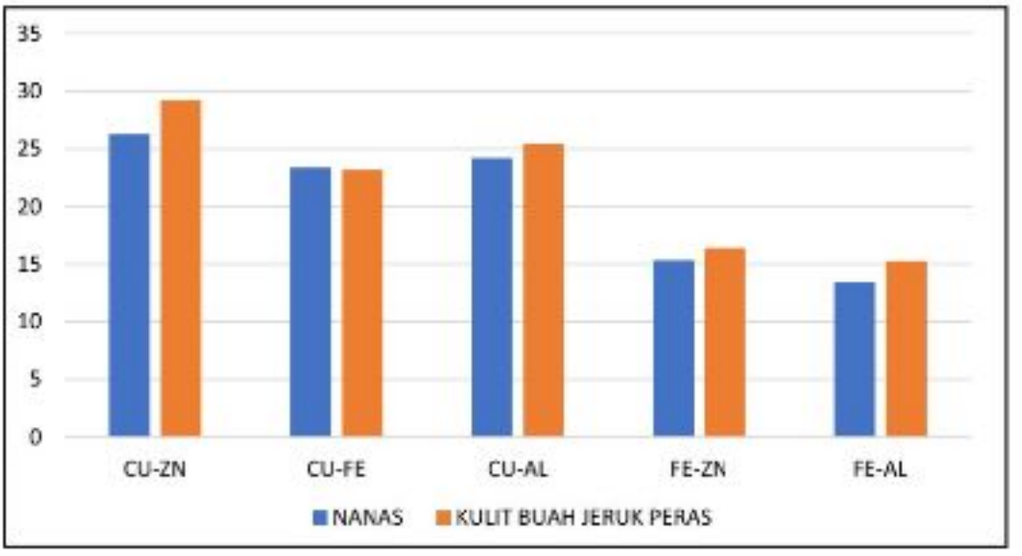
Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.20 dapat diketahui bahwa setiap jenis elektrolit menghasilkan nilai tegangan beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang memiliki nilai tegangan yang terbaik ada pada larutan eco enzyme buah nanas yang ditandai dengan notasi b, dimana dari eco enzyme kulit buah jeruk peras menghasilkan nilai tegangan terbesar yaitu sebesar 1,51 V. Kemudian untuk elektrolit eco enzyme buah nanas menghasilkan nilai tegangan sebesar 1,32 V.

4.1.4.2 Pengukuran Lama Waktu LED Menyala Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

Tabel 4.21 Data Hasil Pengukuran Lama Waktu LED Menyala dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Lama Waktu LED Menyala (Jam)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	25,15	27	25,42	26,26±1,0
	Cu-Fe	22,8	23,12	22	23,4±0,58
	Cu-Al	24	24,20	24,45	24,22±0,23
	Fe-Zn	15,55	15	14,2	15,32±0,68
	Fe-Al	13,42	14	13	13,47±0,50
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	29,2	30	28,42	29,21±0,8
	Cu-Fe	23,45	24	22,10	23,18±1,0
	Cu-Al	25	25,30	26	25,43±0,5
	Fe-Zn	16	17,10	16,12	16,41±0,6
	Fe-Al	15,48	14	15,15	15,28±0,7

Pada tabel 4.21 merupakan hasil dari pengukuran lama waktu LED menyala pada bio baterai pada pengukuran ini dilakukan menggunakan 6 buah rangkaian sel bio baterai yang disusun secara seri dengan jarak antar elektroda sebesar 5 cm. Variasi yang digunakan adalah variasi pasangan jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme. Pasangan elektroda yang digunakan adalah Cu-Zn, Cu-Fe, Cu-Al, Fe-Zn, Fe-Al. Larutan eco enzyme yang digunakan adalah eco enzyme dari buah nanas dan eco enzyme kulit buah jeruk peras.



Grafik 4.6 Rata-rata Lama Waktu LED Menyala dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme

Pada Grafik 4.6 dapat dilihat lama waktu LED menyala pada rangkaian bo baterai yang menggunakan larutan eco enzyme buah nanas. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata lama waktu LED menyala yaitu 26,26 jam. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata lama waktu LED menyala selama 23,4 jam, pasangan elektroda Cu-Al yang nilai rata-rata lama waktu LED menyala selama 24,22 jam. Pasangan elektroda Fe-Zn tidak dapat menghidupkan lampu LED namun besaran nilai tegangan habis dengan rata-rata nilai waktu nya selama 15,32 jam sama halnya dengan pasangan elektroda Fe-Al yang tidak dapat

menghidupkan lampu LED namun besaran nilai tegangan habis dengan rata-rata nilai waktunya selama 13,47 jam.

Pada grafik 4.6 juga dapat dilihat lama waktu LED menyala pada rangkaian bio baterai yang menggunakan larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai rata-rata lama waktu LED menyala yaitu 29,21 jam. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda lainnya seperti Cu-Fe yang menghasilkan nilai rata-rata lama waktu LED menyala selama 23,18 jam, pasangan elektroda Cu-Al yang nilai rata-rata lama waktu LED menyala selama 25,43 jam. Pasangan elektroda Fe-Zn tidak dapat menghidupkan lampu LED namun besaran nilai tegangan habis dengan rata-rata nilai waktu nya selama 16,41 jam sama halnya dengan pasangan elektroda Fe-Al yang tidak dapat menghidupkan lampu LED namun besaran nilai tegangan habis dengan rata-rata nilai waktunya selama 15,28 jam.

Analisis pengaruh perbedaan pasangan jenis elektroda dan variasi jenis eco enzyme terhadap lama waktu LED menyala pada bio baterai dapat dilakukan uji secara statistic dengan menggunakan uji faktorial pada SPSS.

Tabel 4.22 Hasil Uji Faktorial Lama Waktu LED Menyala Pada Bio Baterai

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	14116.564[a]	10	1411.656	2810.031	0.000
Elektrolit	18.581	1	18.581	36.987	0.000
Elektroda	817.678	4	204.419	406.916	0.000
Elektrolit* Elektroda	7.009	4	1.752	3.488	0.026
Error	10.047	20	0.502		
Total	14126.611	30			

Dari hasil uji faktorial pada tabel 4.22 dapat dilihat bahwa pengaruh pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda diperoleh nilai signifikansi 0,00 > 0,05, maka hipotesis ditolak sehingga dapat

disimpulkan bahwa pasangan jenis elektroda dan jenis elektrolit serta interaksi elektrolit dan elektroda mempengaruhi lama waktu LED menyala yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan Uji DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang menghasilkan lama waktu LED menyala yang optimum.

Tabel 4.23 Hasil Uji DMRT Arus Listrik Pada Variasi Jenis Elektroda

Elektroda	Rata-rata Lama Waktu LED Menyala (Jam)	Notasi
Fe-Al	14,17±1,27	a
Fe-Zn	16,6±0,77	b
Cu-Fe	23,31±0,15	c
Cu-Al	25,22±0,85	d
Cu-Zn	27,53±2,08	e

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.20 dapat diketahui bahwa setiap pasangan elektroda menghasilkan lama waktu LED menyala beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang terbaik terdapat pada pasangan elektroda Cu-Zn yang ditandai dengan notasi e dimana pasangan elektroda ini menunjukan bahwa lama waktu LED menyala yang dihasilkan adalah tertinggi yaitu 27,53 jam. Dilanjutkan dengan pasangan elektroda Cu-Al, Cu-Fe, Fe-Zn, Fe-Al yang mendapatkan rata-rata lama waktu LED menyala selama 25,22 jam, 23,31 jam, 16,6 jam, 14,17 jam.

Tabel 4.24 Hasil Uji DMRT Lama Waktu LED Menyala Pada Variasi Jenis Eco Enzyme

Eco Enzyme	Rata-rata Lama Waktu LED Menyala (Jam)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	20,21±5,73	a
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	22,28±5,94	b

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.24 dapat diketahui bahwa setiap jenis eco enzyme menghasilkan lama waktu LED beda nyata yang signifikan. Perlakuan yang memiliki lama waktu LED menyala yang terbaik ada pada larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras yang ditandai dengan notasi b menghasilkan lama waktu LED

menyala terbesar yaitu selama 22,28 jam. Kemudian untuk eco enzyme buah nanas menghasilkan nilai tegangan sebesar 20,21 jam.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran serta analisis data diatas (Tabel 4.1-4.24) dapat diketahui bahwa variasi jenis elektroda dan eco enzyme serta jarak antar elektroda memberikan pengaruh pada besarnya tegangan dan arus pada bio baterai. Dimana pada rangkaian bio baterai electron menggunakan variasi jarak mulai dari 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, dengan menggunakan 1 rangkaian bio baterai dengan menggunakan resistor sebesar 10 Ohm yang berisikan 250 ml larutan eco enzyme. Sedangkan pada rangkaian bio baterai seri-paralel hanya menggunakan jarak sebesar 5 cm dengan menggunakan 6 bio baterai yang masing-masingnya terdapat 250 ml larutan eco enzyme. Pengukuran dilakukan dengan 3 kali pengulangan dan mengunakan variasi jenis elektroda dari Cu, Zn, Fe dan Al.

Perbedaan konduktivitas dari suatu elektroda(logam) dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya adalah dipengaruhi oleh sifat intrinsik dari elektroda tersebut. Dengan jenis elektroda yang berbeda sudah pasti memiliki nilai konfigurasi elektron yang berbeda dalam atomnya. Dari perbedaan tersebut dapat menghasilkan tingkat resistensi yang berbeda terhadap aliran elektron. Dalam penelitian ini menggunakan variasi jenis elektroda dari logam Cu yang memiliki jumlah atomnya 29 dengan konfigurasi elektron $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$. Pada jenis elektroda Fe yang memiliki jumlah atom sebesar 26 dengan konfigurasi elektron $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$. pada jenis elektroda Zn yang memiliki jumlah atom sebesar 30 dengan konfigurasi elektron $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$. Dan pada jenis elektroda Al yang memiliki jumlah atom sebesar 13 dengan konfigurasi

elektron $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$. Dari hasil konfigurasi jenis elektroda tersebut dapat dijelaskan bahwasanya elektroda dengan kemampuan transfer elektron paling besar ada pada elektroda Zn dilanjutkan dengan elektroda Cu, Fe dan Al.

4.2.1 Hubungan Efek Variasi Jenis Elektroda dan Jarak antar Elektroda dengan Kelistrikan yang Dihasilkan oleh Bio Baterai Tunggal

Pada pengukuran kelistrikan yang pertama yaitu dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus listrik dari rangkaian bio baterai yang menggunakan variasi jarak antar elektroda dan variasi jenis elektroda. Dengan menggunakan variasi eco enzyme buah campuran. Variasi jarak antar elektroda dan pasangan jenis elektroda mempengaruhi besarnya tegangan yang dihasilkan. Tegangan terbesar ada pada jarak 6 cm dengan pasangan elektroda Cu-Zn yaitu menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 0,71 V. sedangkan tegangan terkecil ada pada jarak 14 cm dengan pasangan elektroda Fe-Al yaitu menghasilkan rata-rata nilai tegangan sebesar 0,07 V. Variasi jarak antar elektroda dan pasangan jenis elektroda mempengaruhi besarnya arus listrik yang dihasilkan. Arus listrik terbesar ada pada jarak 6 cm dengan pasangan elektroda Cu-Zn yaitu menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,071 A. sedangkan arus listrik terkecil ada pada jarak 14 cm dengan pasangan elektroda Fe-Al yaitu menghasilkan rata-rata nilai arus listrik sebesar 0,007 A.

Dari data hasil pengukuran nilai kelistrikan yang berbeda dari variasi pasangan jenis elektroda. Pada prinsip sel volta yang melibatkan dua jenis elektroda berbeda untuk menghasilkan kelistrikan dapat dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan rumus potensial sel yaitu hasil selisih dari potensial elektroda yang menjadi katoda dengan potensial elektroda yang menjadi anoda (Suyanta, 2013).

Besarnya kelistrikan sel pada setiap pasangan elektroda didapatkan berdasarkan pada nilai potensial elektroda standar yang ada pada deret volta. Dimana semakin besar dan positif nilai potensial sel pada pasangan elektroda maka dihasilkan nilai tegangan dan arus listrik yang semakin besar (Dogra, 1990).

Pada penelitian ini menggunakan beberapa pasangan elektroda untuk menghasilkan kelistrikan yang berbeda. Pasangan elektroda Cu-Zn diketahui bahwa nilai potensial elektroda Cu sebesar +0,34 V sedangkan nilai potensial elektroda Zn sebesar -0,76 V maka, nilai potensial sel dari pasangan Cu-Zn adalah sebesar 1,1 V. Pasangan elektroda Cu-Al diketahui bahwa nilai potensial elektroda Cu sebesar +0,34 V sedangkan nilai potensial elektroda Al sebesar -1,66 V maka, nilai potensial sel dari pasangan Cu-Al adalah sebesar 2 V. Pasangan elektroda Cu-Fe diketahui bahwa nilai potensial elektroda Cu sebesar +0,34 V sedangkan nilai potensial elektroda Fe sebesar -0,44 V maka, nilai potensial sel dari pasangan Cu-Fe adalah sebesar 0,78 V. Pasangan elektroda Fe-Zn diketahui bahwa nilai potensial elektroda Zn sebesar -0,76 V sedangkan nilai potensial elektroda Fe sebesar -0,44 V maka, nilai potensial sel dari pasangan Fe-Zn adalah sebesar 0,32 V. Pasangan elektroda Zn-Al diketahui bahwa nilai potensial elektroda Zn sebesar -0,76 V sedangkan nilai potensial elektroda Al sebesar -1,66 V maka, niilai potensial sel dari pasangan Fe-Al adalah sebesar 1,22 V. Sehingga dari hasil potensial sel yang terhitung dapat diketahui besarnya beda potensial dari masing-masing pasangan elektroda. Pasangan elektroda yang memiliki nilai potensial sel terbesar adalah Cu-Al dilanjutkan dengan Fe-Al, Cu-Zn, Cu-Fe dan Fe-Zn. Hal ini tidak sesuai dengan hasil pengukuran yang didapatkan pada penelitian ini. Beberapa faktor yang dapat

mempengaruhi perbedaan dari hasil pengukuran dengan hasil perhitungan teoritis adalah sebagai berikut:

1. Perbedaan konsentrasi pada potensial sel teoritis dihitung berdasarkan kondisi standar, yang mengasumsikan konsentrasi reaktan dan produk sama. Namun pada hasil penelitian konsentrasi reaktan dan produk dapat berbeda sehingga dapat mempengaruhi besarnya potensial sel yang diukur.
2. Kehadiran kotoran atau zat lain di dalam sel dapat mempengaruhi kinetika reaksi dan mengubah potensial sel yang diukur.
3. Potensial elektroda pada potensial sel teoretis mengasumsikan bahwa potensial elektroda ideal, yang mungkin tidak selalu terjadi pada penelitian. Ketidaksempurnaan elektroda atau perbedaan bahan elektroda dapat mempengaruhi potensial sel yang diukur.
4. Kinetika reaksi pada potensi sel teoritis mengasumsikan bahwa kinetika reaksi adalah ideal, yang mungkin tidak terjadi pada penelitian. Kehadiran inhibitor atau faktor lain yang mempengaruhi kinetika reaksi dapat mengubah potensi sel yang diukur.

Pada pengukuran dengan menggunakan variasi jarak antar elektroda juga menghasilkan nilai tegangan dan arus listrik yang berbeda. Semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan dari variasi jarak maka akan semakin besar pula nilai arus listrik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan jarak antar elektroda juga dijadikan suatu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya hambatan, dimana semakin kecil jarak antar elektroda maka besar hambatan pergerakan ion terhadap hasil reaksi oksidasi pada anoda juga semakin kecil, sehingga nilai kuat arus menjadi besar dan mempengaruhi laju reaksi. Sebaliknya juga seperti itu semakin besar jarak antar

elektroda maka akan semakin besar hambatan yang didapatkan untuk pergerakan ion terhadap hasil reaksi oksidasi pada anoda, sehingga didapatkan nilai arus listrik yang semakin kecil (Suyuty, tanpa tahun).

4.2.2 Hubungan Efek Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme dengan Kelistrikan dan Lama Waktu LED Menyala yang Dihasilkan oleh Rangkaian Bio Baterai Seri

Pengukuran yang kedua pada penelitian ini adalah pengukuran bio baterai dengan variasi jenis elektroda dan jenis eco enzyme yang disusun secara seri terhadap besarnya nilai tegangan dan arus listrik. Pada pengukuran bio baterai yang menggunakan eco enzyme buah nanas dengan pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai tegangan dan arus listrik terbesar yaitu sebesar 3,33 V dengan standar deviasi sebesar 0,01 dan 0,06 A dengan standar deviasi sebesar 0,001. Sedangkan pasangan elektroda Fe-Al menghasilkan rata-rata nilai tegangan dan arus listrik paling kecil yaitu sebesar 0,50 V dengan standar deviasi sebesar 0,02 dan 0,014 A dengan standar deviasi sebesar 0,002. Pada pengukuran bio baterai yang menggunakan eco enzyme kulit buah jeruk peras dengan pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan nilai tegangan dan arus listrik terbesar yaitu sebesar 3,99 V dengan standar deviasi sebesar 0,01 dan 0,067 A dengan standar deviasi sebesar 0,001. Sedangkan pasangan elektroda Fe-Al menghasilkan rata-rata nilai tegangan dan arus listrik terkecil yaitu sebesar 1,03 V dengan standar deviasi sebesar 0,01 dan 0,012 A dengan standar deviasi sebesar 0,001.

Pengukuran yang terakhir pada penelitian ini adalah pengukuran bio baterai dengan variasi jenis elektroda dan jenis eco enzyme yang disusun secara seri terhadap besarnya nilai tegangan dan lama waktu LED menyala. Variasi pasangan

jenis elektroda dan jenis eco enzyme mempengaruhi besarnya tegangan dan serta lama waktu LED menyala yang dihasilkan. Pasangan jenis elektroda Cu-Zn dengan larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras menghasilkan kelistrikan tertinggi yaitu dengan rata-rata nilai tegangan sebesar 1,69 V dan rata-rata lama waktu LED menyala selama 29,21 jam. Pasangan jenis elektroda Fe-Al dengan larutan eco enzyme buah nanas menghasilkan kelistrikan terendah yaitu dengan rata-rata nilai tegangan sebesar 0,50 V dan lama waktu LED menyala selama 13,47 jam.

Perbedaan hasil kelistrikan dan lama waktu LED menyala dengan variasi jenis eco enzyme dipengaruhi oleh tingkat pH dari masing-masing eco enzyme. Menurut Purnomo tahun 2010, apabila suatu larutan elektrolit memiliki tingkat keasaman yang rendah (pH besar) maka semakin sedikit ion yang dihasilkan sehingga dalam proses penyeimbangan muatan yang hilang pada anoda akan lebih sulit oleh karena itu arus listrik yang dihasilkan juga semakin kecil. Sedangkan apabila tingkat keasaman suatu larutan semakin kecil atau semakin asam maka akan menghasilkan banyak ion yang dapat menyeimbangkan muatan yang hilang pada anoda dengan maksimal sehingga arus listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Dimana semakin asam suatu larutan maka semakin banyak ion yang dihasilkannya, dengan kata lain larutan tersebut akan semakin elektrolit. Sebaliknya semakin lemah keasaman larutan maka ion yang dihasilkan akan semakin sedikit sehingga kemampuan untuk menghasilkan arus listrik akan menurun (kelistrikan yang dihasilkan akan semakin lemah).

Standar deviasi atau simpangan baku merupakan suatu nilai yang menunjukkan tingkat atau derajat variasi kelompok atau ukuran standar penyimpangan dari reratanya. Semakin besar nilai standar deviasi maka semakin

beragam nilai-nilai pada item atau semakin tidak akurat dengan mean, sebaliknya semakin kecil standar deviasi maka semakin serupa nilai-nilai pada item atau semakin akurat dengan mean (Wahyuni, 2020)

4.3 Kajian Integrasi Alquran

Al-Quran kitab suci sebagai petunjuk umat islam banyak menjelaskan bahwa penciptaan alam semesta mempunyai tujuan yang baik dan benar. Dari banyak nya ayat dalam Al-Quran banyak menjelaskan bahwa penciptaan alam semesta dan isinya bertujuan agar manusia dapat menyembah dan mengenal Allah melalui ciptaannya, serta menunjukan bagaimana ke-EsaanNya terhadap apa yang sudah diciptakanNya. Sehingga beberapa pola teori-teori ilmu sains dapat dikaji dengan melihat kekuasaanNya yang sudah ada. Seperti haknya dalam surat An-Nur ayat 35 berikut ini :

ٱللَّهُ نُورُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ ۚ مَثَلُ نُورِهِۦ كَمِشْكَوٰةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۖ ٱلْمِصْبَاحُ فِى زُجَاجَةٍ ۖ
ٱلزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّىٌّ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٍ مُّبَٰرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَّا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِىٓءُ
وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُّورٌ عَلَىٰ نُورٍ ۗ يَهْدِى ٱللَّهُ لِنُورِهِۦ مَن يَشَآءُ ۚ وَيَضْرِبُ ٱللَّهُ ٱلْأَمْثَٰلَ لِلنَّاسِ ۗ وَٱللَّهُ
بِكُلِّ شَىْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

Artinya: *"Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu"*(QS:An-Nur [24]:35).

Menurut Tafsir Jalalain oleh Al-Imam Jalaluddin Muhammad Al-Mahalli pada (QS:An-Nur [24]:35) bahwa Allah adalah sumber segala terang di surga dan di bumi. Dialah yang menerangi baik dengan cahaya materi yang kita lihat maupun

berjalan dengan cahayanya. Cahaya juga bermakna sebagai cahaya kebenaran, keadilan, ilmu pengetahuan, keutamaan, petunjuk dan keimanan. Dia juga menerangi langit dan bumi dengan bukti-bukti yang terkandung di alam semesta ini dan dengan segala sesuatu yang menunjukkan keberadaan Tuhan dan mengajak beriman kepada-Nya. Kecemerlangan cahaya-Nya yang besar dan bukti-bukti ajaib-Nya bagaikan cahaya pelita yang sangat terang benderang. Lampu ditempatkan pada celah di dinding rumah, yang membantu mengumpulkan dan memantulkan cahaya. Lampu itu terbuat dari kaca bening dan bersinar seperti matahari, bersinar seperti mutiara. Bahan bakar pelita diambil dari minyak pohon yang banyak mengandung berkah, yang ada di tempat yang baik dan di dalam tanah, yaitu pohon zaitun. Pohon itu ditanam di tengah-tengah antara timur dan barat, artinya selalu mendapat sinar matahari pada siang, pagi, dan sore hari. Pohonnya bahkan berada di atas bukit atau di area kosong yang menerima sinar matahari sepanjang hari. Saking terangnya, minyak kayunya hampir seperti terbakar, padahal apinya tidak menyentuh lampu. Semua faktor ini meningkatkan cahaya dan kecerahan lampu beberapa kali lipat. Dengan demikian, bukti-bukti materil dan penting yang terpancar di alam semesta menjadi tanda-tanda nyata yang menghilangkan keraguan akan keberadaan Allah dan kewajiban beriman kepada-Nya dan risalah-Nya. Melalui itu semua, Allah memberkati semua orang yang beriman jika ia memilih untuk menggunakan cahaya pikirannya. Allah menjelaskan contoh-contoh materi agar permasalahan rasional mudah dipahami. Allah SWT. Pengetahuannya sangat luas. Dia mengetahui siapa yang mengindahkan ayat-ayat-Nya dan siapa yang enggan dan sombong. Dia membayar semuanya.

Menurut Tafsi Al-Mishbah oleh Muhammad Quraish Shihab bahwa (Allah cahaya langit dan bumi) yakni pemberi cahaya langit dan bumi dengan matahari dan bulan. (Perumpamaan cahaya Allah) sifat cahaya Allah di dalam kalbu orang Mukmin (adalah seperti misykat yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca) yang dinamakan lampu lentera atau Qandil. Yang dimaksud Al Mishbah adalah lampu atau sumbu yang dinyalakan. Sedangkan Al Misykaat artinya sebuah lubang yang tidak tembus. Sedangkan pengertian pelita di dalam kaca, maksudnya lampu tersebut berada di dalamnya (kaca itu seakan-akan) cahaya yang terpancar darinya (bintang yang bercahaya seperti mutiara) kalau dibaca Diriyyun atau Duriyyun berarti berasal dari kata Ad Dar'u yang artinya menolak atau menyingkirkan, dikatakan demikian karena dapat mengusir kegelapan, maksudnya bercahaya. Jika dibaca Durriyyun dengan mentasydidkan huruf Ra, berarti mutiara, maksudnya cahayanya seperti mutiara (yang dinyalakan) kalau dibaca Tawaqqada dalam bentuk Fi'il Madhi, artinya lampu itu menyala. Menurut suatu qiraat dibaca dalam bentuk Fi'il Mudhari' yaitu Tuuqidu, menurut qiraat lainnya dibaca Yuuqadu, dan menurut qiraat yang lainnya lagi dapat dibaca Tuuqadu, artinya kaca itu seolah-olah dinyalakan (dengan) minyak (dari pohon yang banyak berkahnya, yaitu pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah Timur dan pula tidak di sebelah Barat) akan tetapi tumbuh di antara keduanya, sehingga tidak terkena panas atau dingin yang dapat merusaknya (yang minyaknya saja hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api) mengingat jernihnya minyak itu. (Cahaya) yang disebabkannya (di atas cahaya) api dari pelita itu. Makna yang dimaksud dengan cahaya Allah adalah petunjuk-Nya kepada orang Mukmin, maksudnya hal itu adalah cahaya di atas cahaya iman (Allah membimbing kepada

cahaya-Nya) yaitu kepada agama Islam (siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat) yakni menjelaskan (perumpamaan-perumpamaan bagi manusia) supaya dapat dicerna oleh pemahaman mereka, kemudian supaya mereka mengambil pelajaran daripadanya, sehingga mereka mau beriman (dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu) antara lain ialah membuat perumpamaan-perumpamaan ini.

Menurut Zubdatut Tafsir Min Fathil Qadir oleh Syaikh Dr. Muhammad Sulaiman Al Asyqar, kata (*nuurun 'alaa nuurin*) yaitu pelita itu mengeluarkan cahaya, kaca mengeluarkan cahaya, dan celah di dinding memantulkan cahaya. Dikatakan bahwa pelita itu dinyalakan dari minyak pohon zaitun. Seperti kilat, lonjakan itu sendiri mampu memberikan cahaya terang, tapi tidak lama.

Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang mengalir dari kutub positif ke kutub negatif sering dikaitkan dengan logam magnet yang memiliki kutub utara dan selatan. Dan energi listrik hampir menyala seperti kilat, dan akan terus menyala jika disalurkan ke media lain yaitu filamen yang akan berpijar bila dipanaskan dengan energi listrik. Dalam konsep kelistrikan untuk memberikan cahaya yang Panjang maka diperlukan media lain yaitu filament, dimana listrik berfungsi untuk memanaskan filament sehingga dapat menyalakan sinar cahaya. Hal ini dapat disamakan dengan proses elektrokimia dalam reaksi redoks membutuhkan dua logam yang berbeda agar dapat menghasilkan kelistrikan. Dimana setiap logamnya menjadi kutub utara maupun kutub selatan yang mempunya potensial elektrodanya masing-masing dan dapat mempengaruhi nilai kelistrikan yang dihasilkan.

Hikmah yang dapat kita ambil dan teladani dari kajian integrasi (QS:An-Nur [24]:35) adalah sebagai manusia makhluk Allah yang memiliki keistimewaan

diberi akal untuk berpikir harusnya dapat memahami benar kuasa Allah swt dalam menciptakan makhlukn-Nya. Bukti ke-Esaan-Nya dalam memberikan petunjuk bahwa pada beberapa ciptaan-Nya pasti mempunyai suatu keilmuan yang dapat dikaji kembali dengan fenomena teknologi di zaman sekarang. Seperti pada konsep keilmuan yang diangkat dalam penelitian ini kita dapat menarik kesimpulan bahwa tiada makhluk lain yang bisa dijadikan pasangan untuk Allah swt, karena pada sejatinya hanya alam semesta dan seisinya lah yang diciptakan Allah swt untuk saling berpasangan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan analisis pada bab 4 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi jarak antar elektroda dan pasangan jenis elektroda mempengaruhi besarnya tegangan yang dihasilkan. Tegangan terbesar ada pada jarak 6 cm dengan pasangan elektroda Cu-Zn yaitu menghasilkan nilai rata-rata tegangan sebesar 0,71 V. sedangkan tegangan terkecil ada pada jarak 14 cm dengan pasangan elektroda Fe-Al yaitu menghasilkan rata-rata nilai tegangan sebesar 0,07 V.
2. Variasi jarak antar elektroda dan pasangan jenis elektroda mempengaruhi besarnya arus listrik yang dihasilkan. Arus listrik terbesar ada pada jarak 6 cm dengan pasangan elektroda Cu-Zn yaitu menghasilkan nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,071 A. sedangkan arus listrik terkecil ada pada jarak 14 cm dengan pasangan elektroda Fe-Al yaitu menghasilkan rata-rata nilai arus listrik sebesar 0,007 A.
3. Variasi pasangan jenis elektroda dan jenis eco enzyme mempengaruhi besarnya tegangan dan serta lama waktu LED menyala yang dihasilkan. Pasangan jenis elektroda Cu-Zn dengan larutan eco enzyme kulit buah jeruk peras menghasilkan kelistrikan tertinggi yaitu dengan rata-rata nilai tegangan sebesar 1,69 V dan rata-rata lama waktu LED menyala selama 29,21 jam. Pasangan jenis elektroda Fe-Al dengan larutan eco enzyme buah nanas menghasilkan

kelistrikan terendah yaitu dengan rata-rata nilai tegangan sebesar 0,50 V dan lama waktu LED menyala selama 13,47 jam.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan rangkain bio baterai dengan susunan yang lebih banyak lagi untuk bisa memberikan nilai tegangan dan arus listrik yang maksimal, serta menggunakan variasi hambatan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahsan, M., Mashuri, M., & Khusna, H. (2017). Evaluation of Laney p' Chart Performance. In *International Journal of Applied Engineering Research* (Vol. 12). http://www.ripublication.com

Arlianti, L. (2018). Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial Di Indonesia A Review Article. In *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik UNISTEK* (Vol. 5, Issue 1).

Evita. (2005). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk*.

Fadilah, S., & Rahmawati, R. (2015). *Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (Musa Paradisiaca)*.

Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *716*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012016

Hendri, Y. N., Gusnedi,), Ratnawulan,), Pengajar, S., Fisika, J., & Unp, F. (2015). Mahasiswa Fisika FMIPA UNP 2). In *Pillar Of Physics* (Vol. 6).

Jaya Saputra, T., Mahfudli Fadli, U., Abdul Basith Jurusan Fisika, dan, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Billfath Lamongan Komplek Al Fattah Siman Sekaran Lamongan Jawa Timur, U. P. (2023). *Analisis Konduktivitas Listrik Pada Kitosan Dari Limbah Rajungan Di Paciran Sebagai Bahan Elektrolit Pada Bio-Baterai*. *02*(01), 19–25.

Kamilah, H., Wardoyo, T. D., & Maftukhah, S. (2020). Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Volume 1| Nomor 2 | Juli 2020 ejournal.unis.ac.id/index.php/jimtek JIMTEK. In *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik)* (Vol. 1, Issue 2).

Marwati, S. (2013). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA*.

Muh Muhlisin, Soedjarwanto, N., & Komarudin, M. (2015). *Electrician-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*.

Riani Putri, A., & Maruf, A. (2018). *Energi Alternatif Dengan Menggunakan Reaksi Elektrokimia*. https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Campuran_%28kimia%29&action=edit&redlink=1

Ridwan, M., Program, H., Kimia, S., Sains, F., Teknologi, D., Banda, A.-R., Darussalam, A. K., & Aceh, B. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. In *Circuit* (Vol. 2, Issue 1).

Sukmawati Wati. (2020). *Redoks Dan Elektrokimia*.

Suyanta. (2013a). *Modul Plpg Kimia Redoks Dan Elektrokimia Konsorsium Sertifikasi Guru 2013 Penulis*.

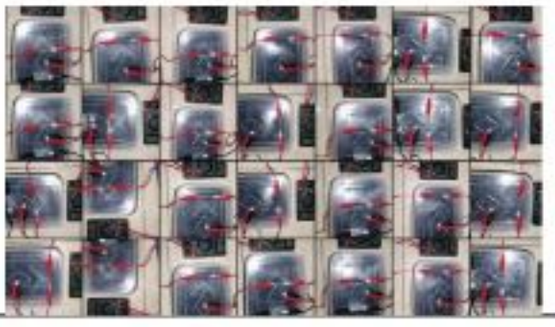
Suyanta. (2013b). *Potensiometer*.

Wahyuni, M. (2020). *Statistik Deskriptif Untuk Penelitian Olah Data Manual Dan Spss Versi 25*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Prosedur Kerja Selama Penelitian

Buah Nanas Dan Kulit Jeruk Peras Untuk Bahan Dasar Eco Enzyme	Campuran Bahan Dengan Air Dan Molase
Eco Enzyme Yang Sudah Siap Panen	Proses Panen Eco Enzyme
Elektroda Cu, Al, Fe, Zn	Wadah Yang Sudah Dilubangi
Kabel Penghubung	Multimeter Digital
Lampu LED Merah	Resistor 10 Ohm

Ph Meter	Pengukuran ph larutan eco enzyme
Rangkaian Tunggal Bio Baterai	Rangkaian Seri Bio Baterai
Pengukuran Bio Baterai Tunggal 	Pengukuran Bio Baterai Seri

Lampiran 2 Data Hasil Pengukuran

1. Data Hasil Pengukuran Tegangan Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Bahan dan Jarak Elektroda

Variasi Elektroda	Variasi Jarak	Tegangan (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan ke-2	Ulangan Ke-3	
Cu-Zn	6 cm	0,7	0,71	0,71	0,71 ±0,01
	8 cm	0,65	0,66	0,66	0,66 ±0,01
	10 cm	0,65	0,65	0,65	0,65 ±0,00
	12 cm	0,64	0,62	0,62	0,63 ±0,01
	14 cm	0,6	0,61	0,62	0,61 ±0,01
Cu-Fe	6 cm	0,5	0,5	0,49	0,5 ±0,01
	8 cm	0,48	0,49	0,48	0,48 ±0,01
	10 cm	0,46	0,46	0,45	0,46 ±0,01
	12 cm	0,45	0,45	0,45	0,45 ±0,00
	14 cm	0,45	0,44	0,44	0,44 ±0,01
Cu-Al	6 cm	0,56	0,57	0,56	0,56 ±0,01
	8 cm	0,53	0,53	0,52	0,53 ±0,01
	10 cm	0,52	0,52	0,51	0,52 ±0,01
	12 cm	0,5	0,51	0,51	0,51 ±0,01
	14 cm	0,5	0,5	0,5	0,5 ±0,00
Fe-Zn	6 cm	0,23	0,22	0,22	0,22 ±0,01
	8 cm	0,22	0,21	0,21	0,21 ±0,01
	10 cm	0,2	0,21	0,2	0,20 ±0,01
	12 cm	0,18	0,18	0,17	0,18 ±0,01
	14 cm	0,17	0,16	0,17	0,17 ±0,01
Fe-Al	6 cm	0,14	0,12	0,14	0,13 ±0,01
	8 cm	0,1	0,1	0,1	0,1 ±0,00
	10 cm	0,09	0,09	0,1	0,09 ±0,01
	12 cm	0,08	0,09	0,08	0,08 ±0,01
	14 cm	0,08	0,07	0,06	0,07 ±0,01

2. Data Hasil Pengukuran Arus Listrik Pada Bio Baterai Tunggal dengan Variasi Jenis Elektroda dan Jarak Elektroda.

Variasi Elektroda	Variasi Jarak	Arus Listrik (Ampere)			Nilai Rata-rata Arus Listrik dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan ke-2	Ulangan Ke-3	
Cu-Zn	6 cm	0,07	0,071	0,071	0,07 ±0,01
	8 cm	0,065	0,066	0,066	0,066 ±0,01
	10 cm	0,065	0,065	0,065	0,065 ±0,00
	12 cm	0,064	0,062	0,062	0,063±0,01
	14 cm	0,06	0,061	0,062	0,061±0,01
Cu-Fe	6 cm	0,05	0,05	0,049	0,05±0,01
	8 cm	0,048	0,049	0,048	0,048±0,01
	10 cm	0,046	0,046	0,045	0,046±0,01
	12 cm	0,045	0,045	0,045	0,045±0,00
	14 cm	0,045	0,044	0,044	0,044±0,01
Cu-Al	6 cm	0,056	0,057	0,056	0,056±0,01
	8 cm	0,053	0,053	0,052	0,053±0,01
	10 cm	0,052	0,052	0,051	0,052±0,01
	12 cm	0,05	0,051	0,051	0,051±0,01
	14 cm	0,05	0,05	0,05	0,05±0,00
Fe-Zn	6 cm	0,023	0,022	0,022	0,022±0,01
	8 cm	0,022	0,021	0,021	0,021±0,01
	10 cm	0,02	0,021	0,02	0,020±0,01
	12 cm	0,018	0,018	0,017	0,018±0,01
	14 cm	0,017	0,016	0,017	0,017±0,01
Fe-Al	6 cm	0,013	0,012	0,014	0,013±0,01
	8 cm	0,01	0,01	0,01	0,01±0,00
	10 cm	0,009	0,009	0,01	0,009±0,01
	12 cm	0,008	0,009	0,008	0,008±0,01
	14 cm	0,008	0,007	0,006	0,007±0,01

3. Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Tegangan Listrik (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	3,32	3,33	3,34	3,33±0,01
	Cu-Fe	2,09	2,08	2,07	2,08±0,01
	Cu-Al	3,02	3,05	3,03	3,03±0,02
	Fe-Zn	1,21	1,21	1,22	1,21±0,01
	Fe-Al	0,48	0,52	0,49	0,50±0,02
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	4	3,98	3,99	3,99±0,01
	Cu-Fe	2,69	2,7	2,68	2,69±0,01
	Cu-Al	3,15	3,12	3,12	3,13±0,02
	Fe-Zn	1,59	1,57	1,58	1,58±0,01
	Fe-Al	1,04	1,03	1,03	1,03±0,01

4. Pengukuran Arus Listrik Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Arus Listrik (Ampere)			Nilai Rata-rata Arus dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	0,06	0,059	0,061	0,06±0,001
	Cu-Fe	0,029	0,032	0,03	0,030±0,002
	Cu-Al	0,04	0,045	0,042	0,042±0,003
	Fe-Zn	0,019	0,021	0,02	0,020±0,001
	Fe-Al	0,015	0,016	0,012	0,014±0,002
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	0,070	0,070	0,067	0,069±0,002
	Cu-Fe	0,052	0,05	0,05	0,051±0,001
	Cu-Al	0,056	0,055	0,058	0,056±0,002
	Fe-Zn	0,021	0,024	0,022	0,022±0,002
	Fe-Al	0,011	0,013	0,014	0,05±0,007

5. Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

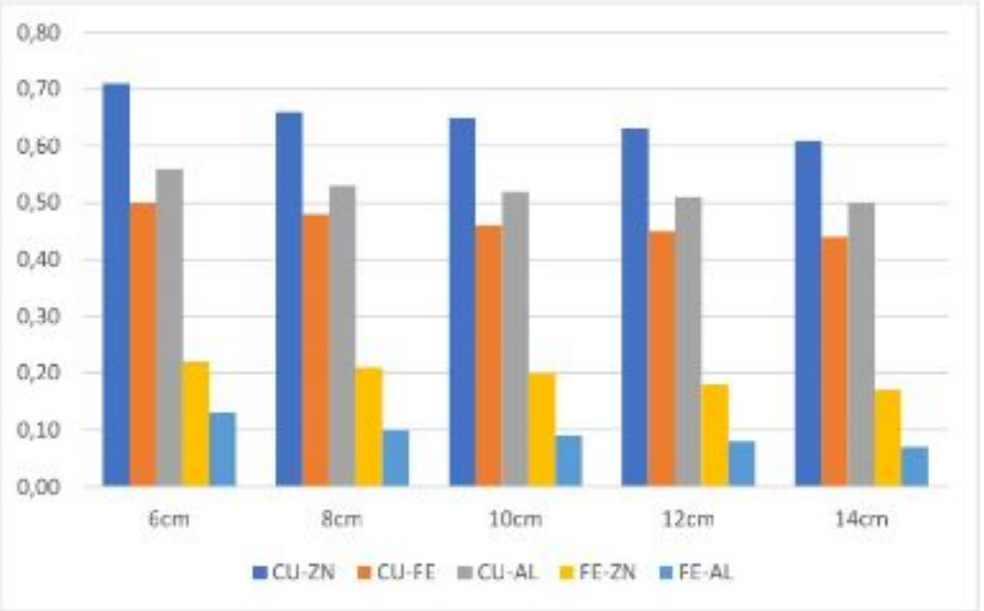
Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Tegangan Listrik (Volt)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	1,66	1,65	1,65	1,65±0,006
	Cu-Fe	1,61	1,61	1,6	1,61±0,006
	Cu-Al	1,64	1,64	1,65	1,64±0,006
	Fe-Zn	1,22	1,21	1,21	1,21±0,006
	Fe-Al	0,48	0,52	0,49	0,50±0,02
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	1,7	1,69	1,69	1,69±0,006
	Cu-Fe	1,62	1,62	1,62	1,62±0,00
	Cu-Al	1,64	1,64	1,64	1,64±0,00
	Fe-Zn	1,59	1,57	1,58	1,58±0,01
	Fe-Al	1,04	1,03	1,03	1,03±0,006

6. Pengukuran Lama Waktu LED Menyala Pada Rangkaian Bio Baterai dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme

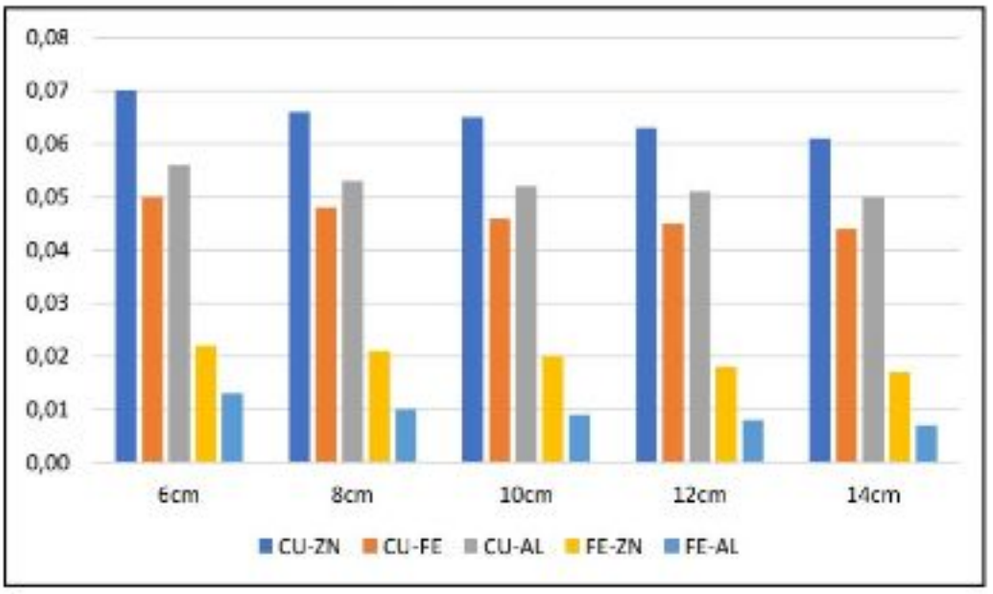
Variasi Eco Enzyme	Variasi Elektroda	Lama Waktu LED Menyala (Jam)			Nilai Rata-rata Tegangan dan Standar Deviasi
		Ulangan Ke-1	Ulangan Ke-2	Ulangan Ke-3	
Eco Enzyme Buah Nanas	Cu-Zn	25,15	27	25,42	26,26±1,0
	Cu-Fe	22,8	23,12	22	23,4±0,58
	Cu-Al	24	24,20	24,45	24,22±0,23
	Fe-Zn	15,55	15	14,2	15,32±0,68
	Fe-Al	13,42	14	13	13,47±0,50
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	Cu-Zn	29,2	30	28,42	29,21±0,8
	Cu-Fe	23,45	24	22,10	23,18±1,0
	Cu-Al	25	25,30	26	25,43±0,5
	Fe-Zn	16	17,10	16,12	16,41±0,6
	Fe-Al	15,48	14	15,15	15,28±0,7

Lampiran 3 Tabel Hasil Rata-rata Pengukuran

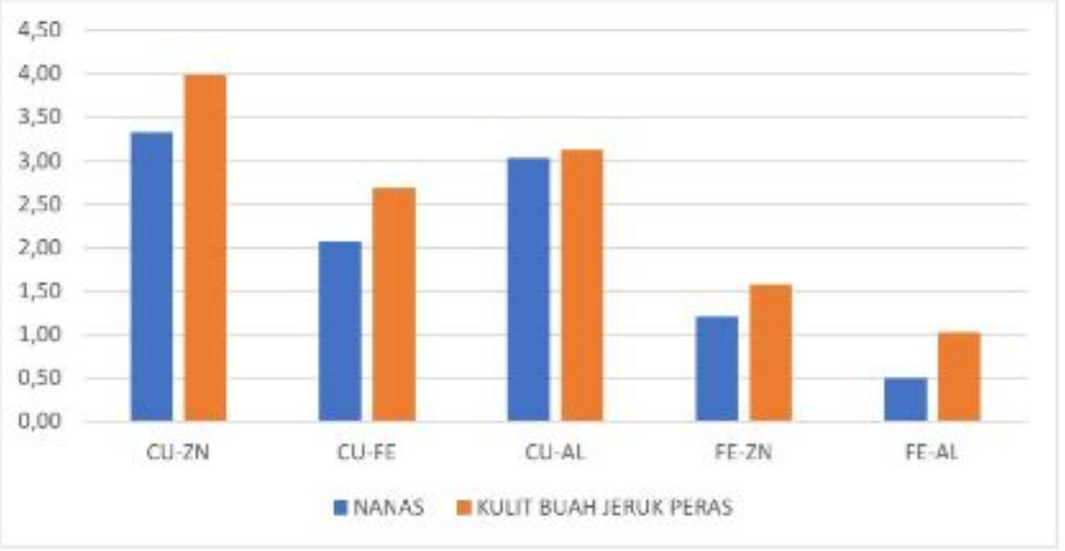
1. Grafik Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jarak antar Elektroda dan Jenis Elektroda pada Bio Baterai



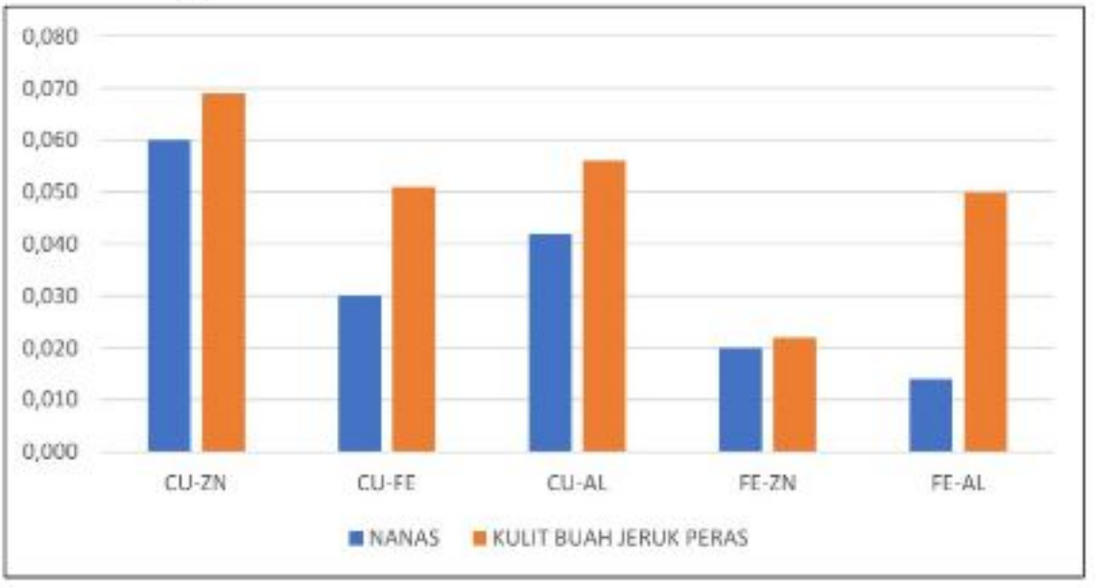
2. Grafik Rata-rata Nilai Arus Listrik dari Pengaruh Variasi Jarak antar Elektroda dan Jenis Elektroda pada Bio Baterai



3. Grafik Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

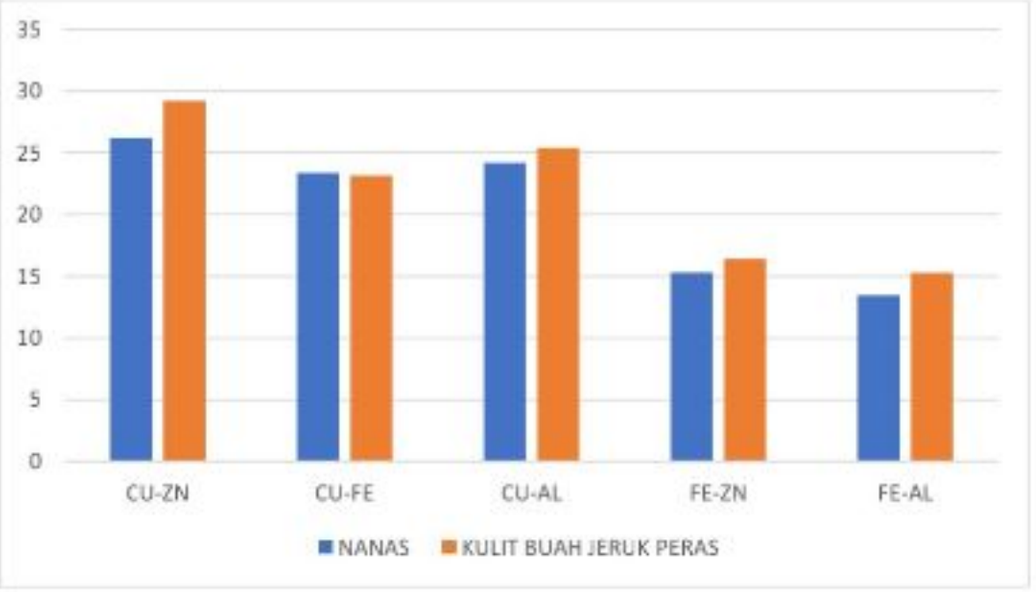


4. Grafik Rata-rata Nilai Arus Listrik dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme



5. Grafik Rata-rata Nilai Tegangan dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Jenis Eco Enzyme Pada Bio Baterai

6. Grafik Rata-rata Lama Waktu LED Menyala dari Pengaruh Variasi Jenis Elektroda dan Jenis Eco Enzyme



Lampiran 4 Hasil Analisis Data

1. Tabel Hasil Uji Faktorial Tegangan pada Bio Baterai Tunggal

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Model	14.452[a]	25	.578	14452.000	.000
Elektroda	3.227	4	.807	20166.367	.000
Jarak	.039	4	.010	246.783	.000
Elektroda * Jarak	.003	16	.000	5.429	.000
Error	.002	50	4.000E-5		
Total	14.454	75			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

2. Tabel Hasil Uji Faktorial Arus Listrik pada Bio Baterai Tunggal

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	.145[a]	25	.006	14452.000	.000
Elektroda	.032	4	.008	20166.367	.000
Jarak	.000	4	9.871E-5	246.783	.000
Elektroda * Jarak	3.475E-5	16	2.172E-6	5.429	.000
Error	2.000E-5	50	4.000E-7		
Total	.145	75			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

3. Tabel Hasil Uji Faktorial Tegangan pada Bio Baterai Rangkaian Seri

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	64.440[a]	10	6.444	87872.091	.000
Elektrolit	.273	1	.273	3718.000	.000
Elektroda	3.481	4	.870	11868.568	.000
Elektrolit * Elektroda	.364	4	.091	1239.932	.000
Error	.001	20	7.333E-5		
Total	64.441	30			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

4. Tabel Hasil Uji Faktorial Arus Listrik pada Bio Baterai Rangkaian Seri

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	1.886[a]	10	.189	122972.370	.000
Elektrolit	.015	1	.015	10081.761	.000
Elektroda	.338	4	.084	55086.880	.000
Elektrolit * Elektroda	.003	4	.001	510.946	.000
Error	3.067E-5	20	1.533E-6		
Total	1.886	30			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

5. Tabel Hasil Uji Faktorial Tegangan pada Bio Baterai Rangkaian Seri

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	188.558[a]	10	18.856	122972.370	.000
Elektroda	1.546	1	1.546	10081.761	.000
Elektrolit	33.787	4	8.447	55086.880	.000
Elektroda * Elektrolit	.313	4	.078	510.946	.000
Error	.003	20	.000		
Total	188.561	30			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

6. Tabel Hasil Uji Faktorial Lama Waktu LED Menyala pada Bio Baterai Rangkaian Seri

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	14116.564[a]	10	1411.656	2810.031	.000
Elektrolit	18.581	1	18.581	36.987	.000
Elektroda	817.678	4	204.419	406.916	.000
Elektrolit * Elektroda	7.009	4	1.752	3.488	.026
Error	10.047	20	502		
Total	14126.611	30			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

7. Tabel Hasil Uji DMRT Tegangan pada Variasi Jenis Elektroda Bio Baterai Tunggal

Data

Duncan[a,b]

Elektroda	N	Subset 1	2	3	4	5
5	15	.0953				
4	15		.1967			
2	15			4660		
3	15				5227	
1	15					.6500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4.00E-005.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.
b. Alpha = 0.05.

8. Tabel Hasil Uji DMRT Tegangan pada Variasi Jarak antar Elektroda Bio Baterai Tunggal

Data

Duncan[a,b]

Jarak	N	Subset 1	2	3	4	5
5	15	.3580				
4	15		.3687			
3	15			.3840		
2	15				.3960	
1	15					.4240
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4.00E-005.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.
b. Alpha = 0.05.

9. Tabel Hasil Uji DMRT Arus Listrik pada Variasi Jenis Elektroda Bio Baterai Tunggal

Data

Duncan[a,b]

Elektroda	N	Subset 1	2	3	4	5
5	15	.00953				
4	15		.01967			
2	15			.04660		
3	15				.05227	
1	15					.06500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4.00E-007.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.
b. Alpha = 0.05.

10. Tabel Hasil Uji DMRT Arus Listrik pada Variasi Jarak antar Elektroda Bio Baterai Tunggal

Data

Duncan[a,b]

Jarak	N	Subset 1	2	3	4	5
5	15	.03580				
4	15		.03687			
3	15			.03840		
2	15				.03960	
1	15					.04240
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4.00E-007.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.
b. Alpha = 0.05.

11. Tabel Hasil Uji DMRT Tegangan pada Variasi Jenis Elektroda Bio Baterai Rangkaian Seri

Data

Duncan[a,b]

Elektroda	N	Subset 1	2	3	4	5
5	6	.7650				
4	6		1.3967			
2	6			2.3850		
3	6				3.0817	
1	6					3.6600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
b. Alpha = 0.05.

12. Tabel Hasil Uji DMRT Tegangan pada Variasi Jenis Eco Enzyme Bio Baterai Rangkaian Seri

Elektrolit	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	2,03	a
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	2,48	b

13. Tabel Hasil Uji DMRT Arus Listrik pada Variasi Jenis Elektroda Bio Baterai Rangkaian Seri

Data

Duncan[a,b]

Elektroda	N	Subset 1	2	3	4	5
5	6	.0263				
4	6		.0452			
2	6			.0810		
3	6				.0980	
1	6					.1292
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.53E-006.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = 0.05.

14. Tabel Hasil Uji DMRT Arus Listrik pada Variasi Jenis Eco Enzyme Bio Baterai Rangkaian Seri

Eco Enzyme	Rata-rata Nilai Arus Listrik (Ampere)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	0,033±0,018	a
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	0,051±0,017	B

15. Tabel Hasil Uji DMRT Tegangan pada Variasi Jenis Elektroda Bio Baterai Rangkaian Seri

Data

Duncan[a,b]

		Subset				
Elektroda	N	1	2	3	4	5
5	6	.7650				
4	6		1.3967			
2	6			1.6133		
3	6				1.6417	
1	6					1.6733
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 7.33E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

c. Alpha = 0.05.

16. Tabel Hasil Uji DMRT Tegangan pada Variasi Jenis Eco Enzyme Bio Baterai Rangkaian Seri

Elektrolit	Rata-rata Nilai Tegangan (Volt)	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	1,32	A
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	1,51	B

17. Tabel Hasil Uji DMRT Lama Waktu LED Menyala pada Variasi Jenis Elektroda Bio Baterai Rangkaian Seri

Data

Duncan[a,b]

Elektroda	N	Subset 1	2	3	4	5
5	6	14.1750				
4	6		15.6617			
2	6			22 9117		
3	6				24.8250	
1	6					27.5317
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .491.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
b. Alpha = 0.05.

18. Tabel Hasil Uji DMRT Lama Waktu LED Menyala pada Variasi Jenis Elektrolit Bio Baterai Rangkaian Seri

Elektrolit	Rata-rata Lama Waktu LED Menyala	Notasi
Eco Enzyme Buah Nanas	20,21 Jam	A
Eco Enzyme Kulit Buah Jeruk Peras	21,82 Jam	B

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: http://www.uin-malang.ac.id Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19640018
Nama : NOVITA SARI
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : Dr. H. AGUS MULYONO, S.Pd., M.Kes
Dosen Pembimbing 2 : MUTHMAINNAH,M.Si
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : ANALISIS EFEK VARIASI JENIS DAN JARAK ELEKTRODA TERHADAP KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN DENGANECO ENZYME SEBAGAI BIO BATERAI

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	28 Februari 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 1, penambahan variabel rumusan dan tujuan penelitian	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2	06 Maret 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 2, penambahan jurnal penelitian terdahulu dan jurnal yangrelevan dengan penelitian	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3	10 Maret 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 3, perbaikan tabel hasil penelitian dan perbaikan metodeanalisis yang digunakan dalam penelitian	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4	03 April 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 2 dan 3	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
5	04 Juli 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi hasil panen larutan eco enzyme	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	08 November 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 4, penambahan grafik rata-rata di setiap hasil penelitian	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	13 November 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 4, perbaikan mekanisme analisis data pada hasilpenelitian, perbaikan grafik rata-rata hasil penelitian	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	15 November 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Bab 4, perbaikan tabel hasil analisis data penelitian (Uji faktorial dan Duncan)	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	15 November 2023	Muthmainnah, M.Si	1. Revisi penulisan Integrasi pada Bab 1 2. Revisi Integrasi Bab 3 (penambahan tafsir pada ayatserta hikmah yang dapat diambil)	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	22 November 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	ACC seminar hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
11	19 Desember 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	ACC Sidang Skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
12	21 Desember 2023	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Pembahasan dan penambahan keterangan umur ECO Enzymepada pengukuran arus bio baterai seri	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
13	21 Desember 2023	Muthmainnah,M.Si	Revisi Abstrak Arab	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah Disetujui
Untuk mengajukan ujian skripsi/Tesis/Disertasi

Pembimbing I

Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes
NIP. 197550808 199903 1 001

Pembimbing II

Muthmainnah, M.Si
NIP. 19860325 201903 2 009

Mengetahuikan,
Ketua Program Studi

Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740710 200312 1 002