

**ANALISIS KELISTRIKAN LIMBAH BIOMASSA SEBAGAI GEL
ELEKTROLIT BATERAI**

SKRIPSI

Oleh:

NUNIK SETYOWATI

NIM. 14640057



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**ANALISIS KELISTRIKAN LIMBAH BIOMASSA SEBAGAI GEL
ELEKTROLIT 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:

NUNIK SETYOWATI

14640057

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS KELISTRIKAN LIMBAH BIOMASSA SEBAGAI GEL
ELEKTROLIT BATERAI

SKRIPSI

Oleh:
Nunik Setyowati
NIM.14640057

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal: 28 Februari 2020

Pembimbing I

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

Pembimbing II

Drs. Abdul Basid M. Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN



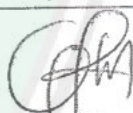

ANALISIS KELISTRIKAN LIMBAH BIOMASSA SEBAGAI GEL ELEKTROLIT BATERAI

SKRIPSI

Oleh:

Nunik Setyowati
NIM. 14640057

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 28 Februari 2020

Penguji Utama :	<u>Farid Samsu Hananto, M. T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji :	<u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIDT. 19870215 20180201 2 233	
Sekretaris Penguji :	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nunik Setyowati

NIM : 14640057

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Kelistrikan Limbah Biomassa sebagai Gel
Elektrolit Baterai

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 Februari 2020
Yang Membuat Pernyataan,


Nunik Setyowati
14640057

MOTTO

“Apapun yang orang-orang katakan. Aku hanya hidup sebagaimana yang aku inginkan, dipandu oleh keyakinanmu sendiri.”

(BTS-Intro: Never Mind)

“Jika kau tak mampu terbang, larilah. Jika kau tak mampu berlari, berjalanlah. Jika kau tak mampu berjalan, merangkaklah. Bergerak dengan merangkak, setidaknya.”

(BTS- Not Today)

“Ikuti mimpimu seperti penghancur. Bahkan jika mimpimu hancur, jangan pernah berlari kebelakang.”

(BTS-Tomorrow)

“Your answers are also inside yourself, you just need to find them.”

(Kim Namjoon-BTS)

“Life is a sculpture that you cast as you make mistake and lear from them.”

(Kim Namjoon-BTS)

“Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya jika kamu beriman.”

(QS. Al- Imran : 139)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala Puji syukur kepada Allah SWT.

Sholawat serta salam ku tunjukkan kepada Junjunganku Nabi Muhammad
SAW

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

Keluargaku

Ayahku di surga (Fajar Siswanto), Bapakku juga (Said Tiflen), dan ibuku tercinta (Siti Kholifah), yang selalu memberikan ku semangat untuk meraih mimpi yang lebih tinggi, membimbingku hingga aku sedewasa ini. Kepada Ayahku di surga, maaf jika belum bisa membahagiakanmu. Kami sayang padamu tetapi Allah lebih sayang padamu, hanya doa yang dapat kuberikan padamu. Terima kasih atas kasih sayang kalian kepada ku.

Saudara-saudaraku (Rudi A Susanto, Afin Dwi C P, dan Ardhi Tiflen) yang selalu mendoakan dan memberi dukungan agar aku dapat meraih impianku.

Pembimbingku

Ibu Erna Hastuti, M.Si, dan Bapak Drs Abdul Basid, M.Si yang tidak pernah lelah membimbing dan memberikan ilmunya kepada saya.

Juga

Sahabat dan teman-temanku yang senantiasa mendukung, memberikan motivasi, membantu dan selalu ada dikala sedih maupun senang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Kelistrikan Limbah Biomassa Sebagai Gel Elektrolit Baterai”**. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir program Strata-1 (S1) di jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Penyusun skripsi ini tidak akan selesai tanpa batuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam menyusun skripsi.
5. Segenap Dosen Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Orang Tua dan Saudara-saudara yang telah memberikan doa, dorongan dan semangat selama penyusunan skripsi.
7. Kelurga Kos 41J2 Malang, yang menemaniku dalam perantauan.
8. Teman-teman dari Papua Barat yang berjuang bersama dalam perantauan.
9. Teman-teman Fisika Angkatan 2014 yang selalu berjuang bersama.
10. Semua pihak yang telah membantu kepenulisan skripsi ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat. Aamiin.

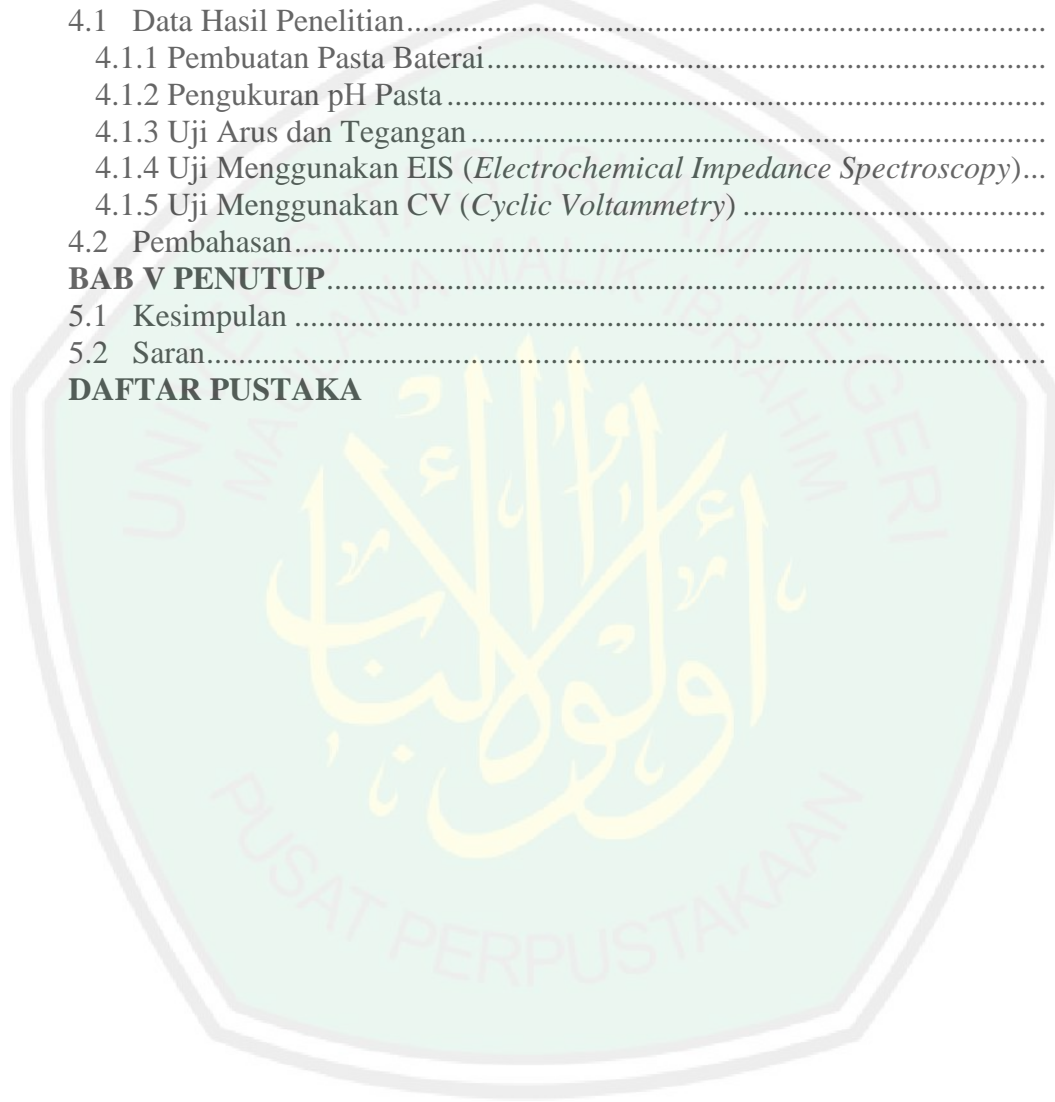
Malang, Februari 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	6
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biomassa	7
2.1.1 Kulit Pisang	8
2.1.2 Kulit Sukun (<i>Artocarpus Communis</i>)	9
2.1.3 Kulit Markisa (<i>Passiflora</i>)	10
2.1.4 Kelistrikan Buah dan Sayur	11
2.2 Baterai	12
2.2.1 Komponen Baterai	14
2.3 Gel Elektrolit	17
2.4 Fermentasi	19
2.5 Derajat Keasaman (pH)	21
2.6 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	23
2.7 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS)	24
2.8 Kajian Pustaka	26
2.9 Kajian Integrasi Islam	27
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Jenis Penelitian	30
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian	30
3.3.1 Peralatan Penelitian	30
3.3.2 Bahan	31
3.4 Prosedur Penelitian	31
3.4.1 Pembuatan Pasta	31
3.4.2 Pembuatan Gel Elektrolit	32
3.4.3 Uji Gel Elektrolit	32

3.5	Diagram Alur Penelitian	34
3.5.1	Diagram Pembuatan Gel Elektrolit.....	35
3.5.2	Susunan Baterai dengan Gel Elektrolit Pasta Buah	35
3.6	Pengambilan Data	36
3.6.1	Uji pH (<i>Pondus Hydrogenil</i>).....	36
3.6.2	Pengukuran Arus dan Tegangan	36
3.6.3	Uji Menggunakan EIS (<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>)...	37
3.6.4	Uji Menggunakan CV (<i>Cyclic Voltametry</i>)	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Data Hasil Penelitian.....	39
4.1.1	Pembuatan Pasta Baterai.....	39
4.1.2	Pengukuran pH Pasta	40
4.1.3	Uji Arus dan Tegangan.....	42
4.1.4	Uji Menggunakan EIS (<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>)...	49
4.1.5	Uji Menggunakan CV (<i>Cyclic Voltametry</i>)	52
4.2	Pembahasan.....	55
BAB V PENUTUP		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kulit Pisang	8
Gambar 2.2	Kulit Sukun.....	9
Gambar 2.3	Kulit Markisa.....	10
Gambar 2.4	Kelistrikan Buah Lemon dan Sayur Kentang.....	11
Gambar 2.5	(a) <i>Discharge</i> , (b) <i>Charge</i>	13
Gambar 2.6	Sel Galvani	15
Gambar 2.7	Struktur Polivinil Alkohol	18
Gambar 2.8	Proses Fermentasi Asam Laktat	20
Gambar 2.9	Skala pH	22
Gambar 2.10	Voltagram Siklik reaksi Oksidasi-Reduksi.....	23
Gambar 2.11	Nyquist Plot.....	25
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian.....	34
Gambar 3.2	Diagram Pembuatan Gel Elektrolit	35
Gambar 3.3	Susunan Baterai	35
Gambar 4.1	Grafik Perubahan pH selama Proses Fermentasi.....	41
Gambar 4.2	Grafik Pengukuran (a) Arus, (b) Tegangan, (c) Hambatan, (d) Konduktivitas pada Sampel tanpa PVA.....	45
Gambar 4.3	Grafik Pengukuran(a) Arus, (b) Tegangan, (c) Hambatan, (d) Konduktivitas pada Sampel dengan PVA.....	48
Gambar 4.4	Nyquist Plot Sampel (a) dengan PVA dan (b) tanpa PVA.....	50
Gambar 4.5	Grafik Voltametri Siklik (a) Sampel dengan PVA, (b) Sampel tanpa PVA.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Pengukuran pH selama 12 hari.....	36
Tabel 3.2	Data Pengukuran Arus dan Tegangan.....	37
Tabel 3.3	Data Pengujian Menggunakan EIS	37
Tabel 3.4	Data Pengujian CV.....	38
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran pH selama 12 hari.....	40
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan	43
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan dari Data EIS sampel dengan PVA dan tanpa PVA	51
Tabel 4.4	Hasil Pengujian CV Elektrolit.....	54



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan Hambatan dan Konduktivitas
- Lampiran 2 Data dan Perhitungan EIS
- Lampiran 3 Data dan Perhitungan CV
- Lampiran 4 Dokumentasi Kegiatan



ABSTRAK

Setyowati, Nunik. 2020. **Analisis Kelistrikan Limbah Biomassa Sebagai Gel Elektrolit Baterai**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid M. Si.

Kata kunci: Biomassa, Kelistrikan Buah dan Sayur, Fermentasi, Gel Elektrolit

Limbah biomassa dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif ramah lingkungan. Limbah biomassa yang dapat digunakan salah satunya adalah limbah dari tumbuhan. Buah dan sayur memiliki kandungan asam askorbat, asam sitrat, dan NADH yang pada kondisi tertentu dapat menghantarkan listrik. Limbah buah dan sayur ketika difermentasi akan menghasilkan asam yang meningkatkan kekuatan elektrolit sehingga menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan tinggi. Hasil pengukuran pH menunjukkan sukun semakin turun, pisang semakin naik dan markisa tidak ada perubahan secara signifikan. Data pengukuran arus dan tegangan menunjukkan arus sukun memiliki tegangan dan arus yang tinggi. Sampel tanpa PVA arus dan tegangannya $1,7 \times 10^{-3}$ A dan 1,02 V, dan sampel dengan PVA $1,7 \times 10^{-3}$ A dan 1,09 V. Gel elektrolit di uji menggunakan EIS dan CV. Konduktivitas transfer muatan dan konduktivitas elektrolit tertinggi untuk sampel dengan campuran PVA pada sukun yaitu $5,90 \times 10^{-4}$ S/cm dan $1,65 \times 10^{-1}$ S/cm, sedangkan tanpa PVA pada markisa yaitu $5,81 \times 10^{-4}$ S/cm dan $9,11 \times 10^{-2}$ S/cm. Besar puncak tertinggi pada sampel dengan campuran PVA pada sukun yaitu 0,133 A, dan sampel tanpa PVA pada pisang sebesar 0,109 A. Besar nilai koefisien difusi ion pada sampel dengan campuran PVA tertinggi pada markisa yaitu $2,43 \times 10^{-4}$ cm²/S, untuk sampel tanpa PVA tertinggi pada pisang yaitu $9,99 \times 10^{-3}$ cm²/S. Gel elektrolit sukun dan pisang cenderung lebih baik dari pada markisa.

ABSTRACT

Setyowati, Nunik. 2020. **Electrical Analysis of Biomass Waste as Battery Electrolyte Gel** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: (I) Erna Hastuti, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid, M. Si

Kata kunci: Biomass, Fruit and Vegetable's Electric, Fermentation, Electrolyte Gel.

Biomass waste can be utilized as an environmentally-friendly alternative energy. One of the biomass wastes that can be used is waste from plants. Fruits and vegetables contain ascorbic acid, citric acid, and NADH which under certain conditions can conduct electricity. When fruit and vegetable's waste fermented, it will produce acids that increase the strength of electrolytes. The electrolytes will become more reactive with electrodes and produce high voltage. The results of the measurement of pH showed that breadfruit's pH dropped more, banana's pH increased and passion fruit's pH did not change significantly. Current and voltage measurement's data shown that the breadfruit have high voltage and current. Samples without PVA has a current of 1.7×10^{-3} A and voltage of 1.02 V. While samples with PVA has a current of 1.7×10^{-3} A and voltage of 1.09 V. Electrolyte gel was tested using EIS and CV. The highest conductivity of the charge transfer and the electrolyte conductivity for samples with a mixture of PVA in breadfruit is 5.90×10^{-4} S / cm and 1.65×10^{-1} S / cm, whereas without PVA on passion fruit it is 5.81×10^{-4} S / cm and 9.11×10^{-2} S / cm. The highest peak size in the sample with a PVA mixture in breadfruit is 0.133 A, and the sample without PVA in banana is 0.109 A. The highest value of the ion diffusion coefficient in the sample with PVA mixture is passion fruit with value of 2.43×10^{-4} cm² / S. While the highest value of ion diffusion coefficient in the samples without the PVA is banana with value of 9.99×10^{-3} cm² / S. Breadfruit and banana electrolyte gels tend to be better than passion fruit.

ملخص البحث

سيتيواتي ، نونيك. 2020. التحليل الكهربائي لنفايات الكتلة الحيوية مثل جل إلكتروليت البطارية. أطروحة. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية مالانج. المشرفون: (I) إرنا هستوتي، الماجستير (II) د عبد الباسط. م.

الكلمات المفتاحية: الكتلة الحيوية ، الفاكهة والخضروات الكهربائية ، التخمر ، جل الإلكترونيت

نفايات يمكن استخدام الكتلة الحيوية كطاقة بديلة صديقة للبيئة. أحد نفايات الكتلة الحيوية التي يمكن استخدامها هي نفايات النباتات. تحتوي الفواكه والخضروات على حمض الأسكوربيك وحمض الستريك و NADH والتي يمكن أن توصل الكهرباء تحت ظروف معينة. ستنتج فضلات الفاكهة والخضروات عند التخمر أحماضاً تزيد من قوة الشوارد بحيث تصبح أكثر تفاعلاً مع الأقطاب الكهربائية وتنتج جهداً عالياً. أظهرت نتائج قياس أن ثمار الخبز المنخفضة أكثر ، وزاد الموز ولم تتغير فاكهة العاطفة بشكل ملحوظ. تظهر بيانات قياس التيار والجهد أن تيارات الخبز لها جهد عالي وتيار. العينات بدون التيار والجهد PVA هي $1.7 \times 10^{-3} \text{ A}$ و 1.02 V ، والعينات مع $1.7 \times 10^{-3} \text{ A}$ و 1.09 V تم اختبار هلام Electrolyte باستخدام EIS و CV. أعلى موصلية للشحنة والموصلية بالكهرباء للعينات التي تحتوي على خليط من PVA في الخبز هي $5.90 \times 10^{-4} \text{ S}$ / سم و $1.65 \times 10^{-1} \text{ S}$ / سم. أعلى حجم ذروة في العينة مع خليط PVA في الخبز هو 0.133 أمبير ، والعينة التي لا تحتوي على PVA في الموز هي 0.109 أ. كانت العينات التي لا تحتوي على أعلى PVA على الموز هي $9.99 \times 10^{-3} \text{ S}$ / سم 2 / تميل مواد الهلام بالكهرباء والموز إلى أن تكون أفضل من ثمار العاطفة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomasa adalah material biologi yang berasal dari organisme atau makhluk hidup yang berstruktur karbon dan mengandung unsur kimia organik, seperti oksigen, nitrogen, hidrogen, dan sejumlah kecil dari atom-atom lainnya. Biomasa diperoleh dari limbah tumbuhan, hewan, dan manusia. Biomasa dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti energi yang ramah lingkungan, seperti biofuel, biogas, biodiesel, dan bioetanol (Yokoyama, 2008). Secara keseluruhan potensi limbah biomasa di Indonesia diperkirakan sebesar 49.807,43 MW dan yang digunakan hanya 178 MW atau 0,36% dari potensi yang ada (Agustina, 2007). Minimnya pengolahan limbah biomasa merupakan masalah yang cukup kompleks sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah biomasa umumnya berasal dari sampah rumah tangga dan industri. Menurut Hadiwiyoto (1983), sebagian besar limbah kota di Indonesia tergolong limbah organik atau sampah hayati. Rata-rata sampah yang tergolong hayati mencapai 95% dari jumlah total sampah, dimana sampah hayati adalah sisa makanan, daun-daunan, dan buah-buahan. Pencemaran lingkungan yang terjadi karena rendahnya kesadaran masyarakat, keterbatasan lahan, serta keterbatasan dana menjadi faktor utama dalam pengolahan sampah, sehingga dilakukan pencarian alternatif untuk mengolah sampah hayati menjadi energi alternatif yaitu bio-baterai.

Bio-baterai adalah energi alternatif ramah lingkungan yang berasal dari senyawa organik yang mengandung glukosa, fruktosa, sukrosa, dan senyawa lainnya sehingga dapat menghantarkan listrik dan digunakan sebagai energi alternatif jangka panjang (Siddiqui dan patrikhar, 2013). Perkembangan baterai alternatif atau bio-baterai akan sangat berguna, mengingat dalam kehidupan sehari-hari masih banyak memanfaatkan baterai. Limbah sayur-sayuran dan buah-buahan yang mengandung komponen kimia yang terdiri dari air, karbohidrat, mineral, protein, vitamin, natrium, kalium, magnesium, asam askorbat, asam sitrat dan NADH (energi yang menghasilkan energi sel). Keragaman hayati serta komponen yang terdapat dalam buah memiliki banyak manfaat bagi manusia apabila pandai mengolahnya dengan baik. Salah satu manfaatnya yaitu sebagai elektrolit. Agama Islam juga mengajarkan kepada manusia agar memanfaatkan alam dengan sebaik-baiknya. Allah SWT telah menyediakan berbagai sumber bahan alam di muka bumi, tinggal bagaimana cara manusia untuk memanfaatkannya atau tidak. Allah telah berfirman dalam Al-Qur'an surat Az-Zumar (39) : 21.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُّخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيجُ فَتَرَاهُ مُّصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَامًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ع{21}

“Apakah engkau tidak memperhatikan, bahwa Allah menurunkan air dari langit, lalu diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi, kemudian dengan air itu ditumbuhkannya tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, kemudian menjadi kering, lalu engkau melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal sehat.” (Q.S Az-Zumar (39) : 21).

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan tanaman yang berpotensi memberikan manfaat kepada manusia, menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan termasuk buah-buahan sebagai tanda kekuasaan-Nya dan memiliki banyak manfaat kepada manusia. Berdasarkan penelitian yang telah banyak dilakukan, menunjukkan bahwa ragam sayuran dan buah-buahan telah berhasil didemonstrasikan dan berperan baik sebagai elektrolit pada sistem sel volta (Fadli, 2012). Berbagai jenis buah-buahan mengandung asam serta mineral yang memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai elektrolit, salah satunya adalah pisang.

Menurut Amin dan Dey (2010), besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sayur-sayuran dan buah-buahan tergantung pada kematangan atau pembusukan. Proses pembusukan atau fermentasi akan menghasilkan larutan asam atau larutan alkali atau kombinasi keduanya yang meningkatkan kekuatan elektrolit pada sayur-sayuran dan buah-buahan sehingga menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sayur-sayuran dan buah-buahan yang masih segar.

Penelitian Jayashantha, dkk (2012), menunjukkan bahwa empulur pisang dapat digunakan sebagai bahan elektrolit untuk sel galvani yang ramah lingkungan. Sel elektrolit di letakkan diantara kedua elektroda yaitu plat Zn (seng) dan Cu (tembaga) dengan jarak pemisah 2 cm. Empulur pisang memiliki kinerja yang relatif lebih baik sebagai bahan elektrolit. Empulur yang sudah dimasak atau direbus akan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Hasil dari pengukuran tegangan dan nyala LED yang menggunakan elektrolit dari empulur pisang yang

sudah direbus akan menyala LED selama lebih dari 500 jam apabila elektrolit tidak mengalami pengeringan.

Penelitian Jauhara (2013) menggunakan limbah tomat, jeruk dan wortel sebagai elektrolit baterai yang dirangkai secara seri-pararel berjarak 2 cm dan pengukuran pH buah setelah fermentasi. Kuat arus dan tegangan yang di hasilkan dari jeruk lebih besar dibandingkan dengan tomat dan wortel. Nilai pH yang di hasilkan juga lebih besar pada buah jeruk dibandingkan dengan tomat dan wortel. Buah jeruk mengandung senyawa kimia yaitu air, gula, asam organik, asam amino, vitamin, zat warna, mineral dan lain-lainnya. Tomat memiliki kandungan glukosa, fruktosa, asam organik, mineral, vitamin dan lipid. Wortel memiliki kandungan protein, lemak, hidrat arang, Ca (Kalsium), fosfor (P), Besi (Fe) dan air. Kandungan yang ada pada jeruk, wortel, dan tomat dapat digunakan sebagai elektrolit baterai.

Menurut Muhlisin, dkk (2015), kulit durian dan kulit pisang dapat digunakan sebagai pasta batu baterai yang sudah tidak digunakan kembali. Didalam kulit durian dan kulit pisang terdapat zat kalium dan klorida. Kalium Klorida (KCl) merupakan elektrolit kuat yang mampu terionisasi dan menghantarkan listrik. Nilai tegangan maksimal yang didapat dari kulit pisang lebih besar dibandingkan dengan kulit durian. Kulit pisang selain mengandung kalium klorida juga mengandung senyawa kimia yang berfungsi sebagai penghantar listrik yaitu air 69,8%, karbohidrat 18,5%, lemak 2,11%, kalsium 715 mg/100 g, fosfor 117 mg, besi 1,6 mg/100 g (Munadjim, 1998).

Buah markisa mengandung protein, mineral, kalsium, fosfor, besi, asam askorbat, thiamin, ribloflavin, sulfur dan vitamin. Asam askorbat pada buah markisa akan meningkat tergantung dengan tingkat kematangan buah markisa. Markisa adalah salah satu buah yang sangat bergizi, dan kaya akan karbohidrat, padatan refraktrometrik (14,4-21,9%), asam askorbat (21,9-69,9 mg/ 100g), dan karotin (Pruthi, J. S, 1959).

Buah sukun mengandung karbohidrat, protein, lipid, serat kasar, abu mineral, niasin, riboflavin, kalium, besi, natrium, kalsium, vitamin, mangan, magnesium dan asam askorbat. Komponen utama dan karbohidrat terdapat di dalam daging buah, batang, dan kulit sukun. Kadar mineral, kalsium, kalium, besi, niasin, riboflavin ditemukan di semua bagian tergantung tingkat kematangan buah. Serat kasar tertinggi terdapat pada kulit dan batang, untuk serat kasar terendah terdapat pada daging buah sukun (Graham dan Bravo, 1981).

Pada penelitian ini dibuat elektrolit gel bio-baterai dari limbah sukun, kulit pisang, dan markisa dengan menggunakan metode fermentasi dan penambahan PVA. Fermentasi dilakukan selama 12 hari, pengujian baterai dilakukan dengan penambahan PVA dan tanpa campuran PVA pada hari ke 4, ke 8, dan ke 12 untuk pengujian arus, tegangan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh limbah buah sebagai gel elektrolit bio-baterai.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap pH, arus, tegangan dan reaksi redoks gel elektrolit baterai?
2. Bagaimana pengaruh penambahan PVA terhadap arus, tegangan, dan reaksi redoks gel elektrolit baterai?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap pH, arus, tegangan, dan reaksi redok gel elektrolit baterai.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan PVA terhadap arus, tegangan, dan reaksi redoks gel elektrolit baterai.

1.4 Batasan Masalah

1. Limbah yang digunakan adalah limbah kulit sukun, kulit markisa, dan kulit pisang.
2. Polimer pembuatan gel elektrolit menggunakan PVA.
3. Pengujian elektrolit menggunakan uji pH, multimeter, EIS, dan CV.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memanfaatkan limbah biomassa sebagai pembuatan pasta baterai, sehingga dapat mengurangi pencemaran limbah-limbah biomassa di lingkungan sekitar dan dapat menambah pengetahuan mengenai bahan alternatif yang dapat diolah kembali.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa adalah material biologis yang berasal dari organisme atau makhluk hidup yang berstruktur karbon dan mengandung unsur kimia organik, seperti oksigen, nitrogen, hidrogen, dan sejumlah kecil dari atom-atom lainnya. Biomassa diperoleh dari limbah tumbuhan, hewan, dan manusia. Biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti energi yang ramah lingkungan, seperti biofuel, biogas, biodiesel, dan bioetanol (Yokoyama, 2008).

Pemanfaatan limbah biomassa dari buah-buahan dan sayur-sayuran dapat digunakan sebagai elektrolit baterai. Limbah buah-buahan dan sayur-sayuran yang membusuk mengalami proses fermentasi sehingga buah-buahan dan sayur-sayuran menghasilkan asam lebih yang akan meningkatkan kekuatan elektrolit. Limbahs buah-buahan dan sayur-sayuran yang mengandung banyak elektrolit dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif (Ilham, 2010).

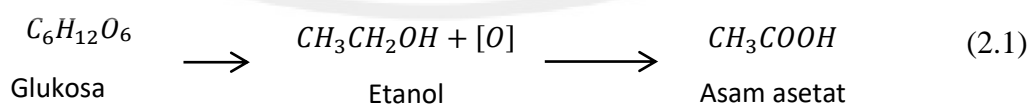
2.1.1 Kulit Pisang



Gambar 2.1 Kulit pisang

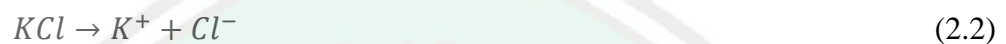
Kulit pisang memiliki kandungan air 68,9 g, karbohidrat 18,5 g, protein 0,32 g, lemak 2,11 g, kalsium 715 mg, fosfor 117 mg, besi 1,6 mg, vitamin B 0,12 mg, dan vitamin C 17,5 mg (Suprapti, 2005). Karbohidrat mengandung glukosa, apabila glukosa dicampurkan dengan air dan didiamkan dalam ruang kedap udara selama beberapa hari akan mengalami fermentasi sehingga dapat diperoleh etanol (Dewanti, 2008).

Etanol lama-kelamaan akan teroksidasi menjadi asam etanoat atau asam asetat. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada reaksi 2.1 (Muhlisin, M, 2015) :



Asam asetat merupakan salah satu jenis zat elektrolit. Dalam kulit pisang yang sudah difermentasi memiliki sifat asam yang berasal dari kandungan asam asetat, hal tersebut terbukti ketika pH larutan diukur dengan pH universal berkisar antar

4–5. Selain mengandung asam asetat, kulit pisang mengandung zat elektrolit lain seperti kalium dan garam klorida. Kalium dan garam klorida bereaksi membentuk garam kalium klorida. Garam kalium klorida dalam air dapat menghantarkan listrik karena dapat terionisasi. Reaksi ionisasi yang terjadi adalah ditunjukkan pada persamaan 2.2 (Muhlisin, M, 2015) :



Arus listrik dapat mengalir karena seng bertindak sebagai katoda (kutub +) yang bersifat menarik ion negatif dan tembaga bertindak sebagai anode (kutub -) yang bersifat menarik ion positif. Ketika air rendaman kulit pisang bersentuhan dengan unsur seng dan tembaga terjadi reaksi ionisasi dalam larutan, sehingga dapat terjadi aliran elektron yang menyebabkan arus listrik mengalir. Jika kedua elektrode dihubungkan dengan lampu arus akan mengalir dari anode ke katode, dan lampu menyala (Muhlisin, M. dkk, 2015).

2.1.2 Kulit Sukun



Gambar 2.2 Kulit Sukun

Kulit sukun memiliki kandungan Kalsium (Ca), fosfor (P), protein, niasin, vitamin, ribloflavin, karbohidrat, Kalium (K), thiamin, natrium (Na), besi (Fe) (Mustafa, 1998). Kulit sukun juga mengandung lipid, serat kasar, mangan (Mn), magnesium (Mg), dan asam askorbat. Kandungan pada kulit sukun sama dengan kandungan pada buah sukun tergantung tingkat kematangan buah sukun. Serat kasar lebih banyak ditemukan pada kulit dan batang sukun dibandingkan pada buah sukun, karena kandungan serat tertinggi pada kulit sukun (Graham dan Bravo, 1981).

2.1.3 Kulit Markisa



Gambar 2.3 Kulit Markisa

Kulit markisa mengandung serat kasar 40,59 %, Lignin 13,22 %, tannin 1,09 %, protein kasar 11,27 %, lemak kasar 1,16 %, dan mineral. Serat kasar terdiri dari selulosa, pentosa, dan hemiselulosa (Tangdilintin, dkk. 1994). Kandungan protein kasar di dalam kulit markisa terdiri dari karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, sulfur, dan fosfor (Anggrodi, 1994).

Kulit markisa selain mengandung protin kasar dan serat kasar, juga mengandung lemak kasar. Lemak kasar pada kulit markisa terdiri dari unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, asam lemak, malam, sterol, vitamin-vitamin yang larut dalam lemak, monogliserida, digliserida, fosfolipid, glikolipid, dan terpenoid (Sudarmadji. dkk, 2010).

2.1.4 Kelistrikan Buah dan Sayur

Buah dan sayur memiliki kandungan asam askorbat, asam sitrat, dan NADH (*Nikotinamida Adenosin Dinukleotida Hidrogen*) yang dalam kondisi tertentu bahan kimia tersebut berindak sebagai elektrolit. Buah dan sayuran mengalami proses fermentasi akan menghasilkan asam yang meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayur sehingga menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang tinggi. Selain mengandung asam, buah dan sayur juga mengandung air sehingga apabila ada dua logam yang berbeda dicelupkan pada larutan limbah akan timbul beda potensial antara logam dan air dan terjadilah potensial elektroda yang menghasilkan arus listrik (Amin dan Dey, 2010).



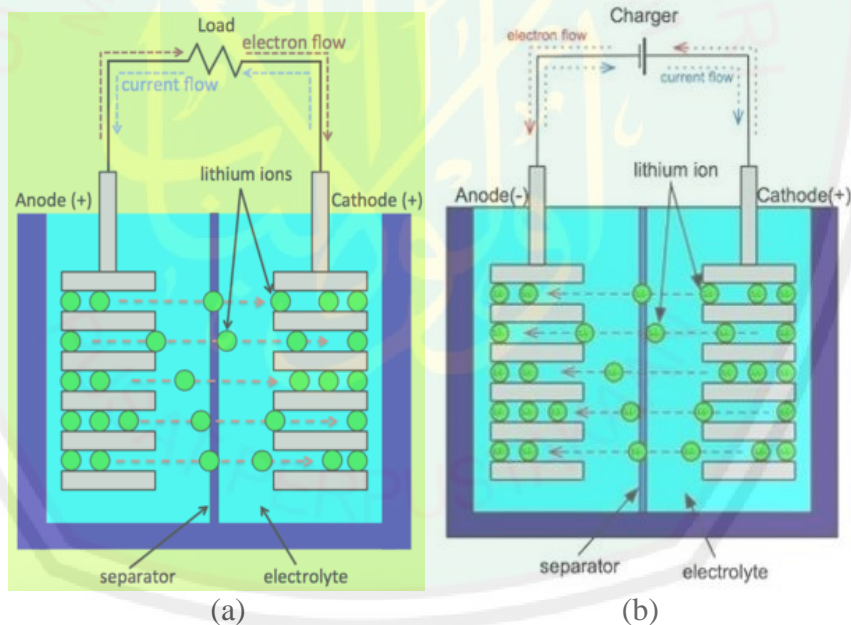
Gambar 2.4 Kelistrikan Buah Lemon dan Sayur kentang (Centipedia, 2018)

Buah lemon atau jeruk kaya akan vitamin C, asam amino, glukolisa, dan vitamin B. Selain itu buah lemon atau jeruk mengandung senyawa asam sitrat yang merupakan larutan elektrolit, sehingga buah lemon dapat menghasilkan listrik. Satu buah lemon–jeruk dengan ukuran normal dapat menghasilkan tegangan sekitar 1 volt. Kentang mengandung kalium, karbohidrat, karbon, hidrogen, oksigen, pati dan protein. Kentang juga mengandung garam dapur (NaCl) dan air (H₂O), dimana larutan elektrolit terdiri dari 3 komponen yaitu asam, basa, dan netral (Eric, 2010). Ketika dua logam yang berbeda dimasukkan ke dalam kentang dan dihubungkan dengan kawat akan terjadi reaksi yang menghasilkan tegangan. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan dalam energi potensial listrik yang ada diantar kedua logam, sehingga ion positif dan ion negatif akan bergerak bebas. Tegangan yang dihasilkan oleh kentang sekitar 1,2 volt.

2.2 Baterai

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efesiensiya yang tinggi. Reaksi elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektrooda yang dipakai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia (Chamma, 2015).

Baterai adalah perangkat yang dapat mengonversi energi kimia pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. Terdapat dua klasifikasi baterai, yaitu baterai sekunder dan baterai primer. Baterai sekunder adalah baterai yang dapat digunakan berkali-kali dan dapat diisi ulang (*rechargeable*). Sedangkan baterai primer adalah yang tidak dapat diisi ulang dan hanya dapat digunakan sekali pakai. Kemampuan baterai sekunder untuk diisi ulang dikarenakan reaksi elektrokimia yang bersifat *reversible* sehingga baterai sekunder mengkonversi energi listrik menjadi kimia pada proses *Charging* (Linden, 2001).



Gambar 2.5 (a) *Discharge* , (b) *Charge* (Novak, 1997)

Gambar 2.5 a menunjukkan reaksi pelepasan (*discharge*), dimana seng berfungsi sebagai anoda dan Cl_2 sebagai katoda. Reaksi yang terjadi adalah (Linden, 2001) :

Elektroda negatif : reaksi anodik (oksidasi, kehilangan elektron)



Elektroda positif : reaksi katodik (reduksi, memperoleh elektron)



Reaksi keseluruhan pengosongan (*Discharge*)



Selama pengisian ulang sel atau penyimpanan, aliran arus dibalik dan oksidasi terjadi pada elektroda positif sedangkan reduksi terjadi pada elektroda negatif, seperti pada gambar 2.5 (b) anoda sebagai tempat terjadinya oksidasi dan katoda sebagai tempat terjadinya reduksi. Contoh sel Zn/ Cl₂ reaksi yang terjadi adalah :

Elektroda negatif : reaksi katodik (reduksi, memperoleh elektron)



Elektroda positif : reaksi anodik (oksidasi, kehilangan elektron)



Reaksi keseluruhan pengisian (*Charge*)



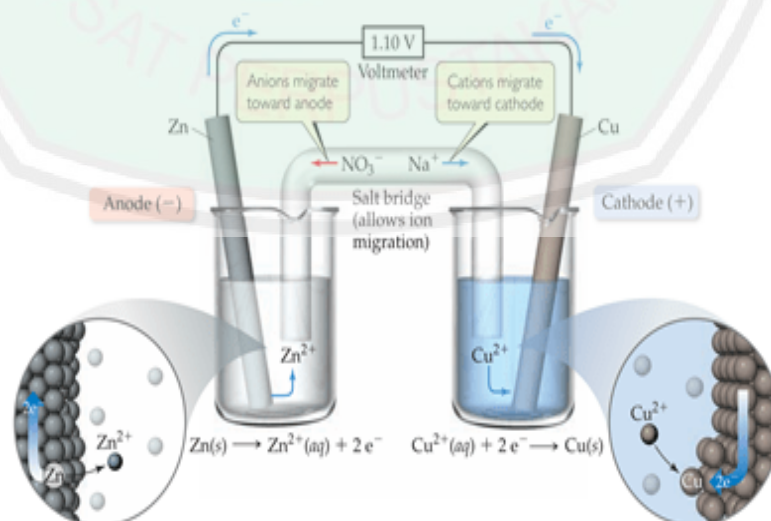
2.2.1 Komponen Baterai

Baterai terdiri dari dua komponen yaitu elektroda dan elektrolit. Elektrolit atau medium konduktif merupakan zat-zat yang dalam larutan atau leburannya dapat menghantarkan listrik (Hiskia, 1996). Ion-ion dalam larutan elektrolit dihasilkan dengan dua cara yaitu zat terlarut merupakan senyawa ion dan zat terlarut bukan senyawa ion, tetapi jika dilarutkan dalam air zat menghasilkan ion. Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian

atau media non logam dari sebuah sirkuit misalnya semikonduktor, elektrolit atau vakum. Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda (Hiskia, 1992).

Elektroda yang digunakan di dalam sel elektrokimia adalah elektroda Cu dan Zn. Elektroda Cu dalam sel elektrokimia disebut sebagai katoda, sedangkan elektroda Zn disebut sebagai anoda. Katoda merupakan tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda yang terjadi di sel galvanik. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda dan direduksi oleh elektron-elektron yang berasal dari anoda. Dalam sel galvanik elektron bergerak dari anoda ke katoda dalam sirkuit eksternal (Bird, 1993).

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



Gambar 2.6 Sel Galvani (Brown, 2015)

Ketika dua buah konduktor seperti Cu-Zn terhubung melalui larutan dengan konsentrasi pembawa muatan positif dan negatif tidak seimbang, maka satu jenis pembawa muatan akan terkumpul pada satu konduktor dan muatan lainnya akan terkumpul pada konduktor lainnya, sehingga di kedua ujung konduktor terdapat beda potensial. Gambar 2.6 menunjukkan proses sel galvani, dimana pada anoda, logam Zn melepaskan elektron dan menjadi Zn^{2+} yang larut. Reaksi yang terjadi adalah :

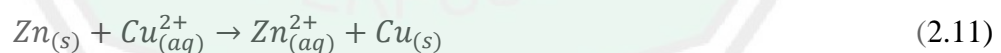


Pada katoda, ion Cu^{2+} menangkap elektron dan mengendap menjadi logam Cu.

Reaksi yang terjadi adalah :



Hal ini dapat diketahui dari berkurangnya massa logam Zn setelah reaksi, sedangkan massa logam Cu bertambah. Reaksi total yang terjadi adalah (Soedjo, 1998) :



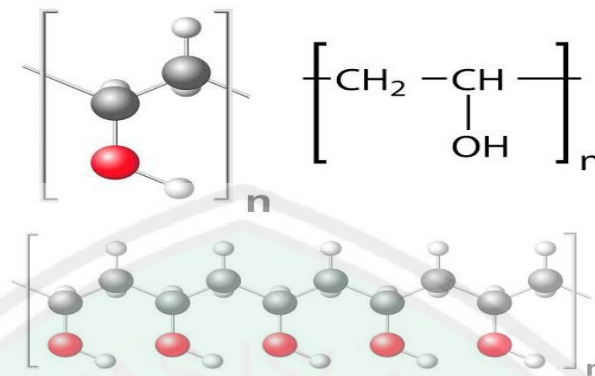
Apabila kedua ujung konduktor terjadi reaksi redoks terus menerus, maka terjadi pertukaran pembawa muatan dari elektroda ke larutan elektrolit dan sebaliknya dari elektrolit ke elektroda. Pertukaran muatan akan menyebabkan adanya potensial. Potensial yang dihasilkan adalah daya gerak listrik. Gaya gerak

listrik dari sel merupakan hasil perubahan energi kimia melalui reaksi redoks (Landis, 1909).

2.3 Gel Elektrolit

Gel elektrolit atau yang sering disebut polimer gel elektrolit akan membentuk konduktif ionik dengan cara garam dan pelarut dilarutkan atau dicampur polimer dengan berat molekul tinggi. Gel elektrolit dalam fase cair akan diserap dalam polimer. Gel elektrolit baterai ion lithium yang dikembangkan biasanya berupa film dari PVDF-HFP, LiPF_6 , garam LiFB_4 , dan larutan karbonat (Linden, 2001). Polimer PVA dicampur dengan larutan juga akan membentuk gel elektrolit untuk pembuatan bio baterai.

Polimer PVA dengan rumus molekul $(-\text{C}_2\text{H}_4\text{O}-)_n$ merupakan salah satu polimer hidrofolik berbentuk bubuk halus berwarna putih kekuningan, tidak berbau dan memiliki densitas $1,3 \text{ gram/cm}^3$ (pada 20°C) dengan kisaran $3,5 - 7,0$ (jika dilarutkan dengan konsentrasi 40 gram/liter pada 20°C). PVA merupakan polimer yang larut dalam air, tidak beracun, non karsinogenik, mempunyai ketercampuran hayati yang baik dan memiliki sifat fisik yang elastis, serta memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengembang dalam air. PVA berbentuk padatan kering, butiran dan bubuk memiliki bentuk film yang baik, tidak korosif, lembut dan bersifat adesif serta kekuatan tarik yang baik. Ditinjau dari sifat listrik PVA merupakan bahan isolator dengan resistivitas (ρ) yang tinggi yaitu $3,1 - 3,8 \times 10^7 \Omega\text{cm}$. PVA telah digunakan secara luas pada berbagai aplikasi, antara lain pelapis kertas (*paper coating*), pemodifikasi permukaan mengkilap (*warpsizing*), bahan adesif dan biomaterial, material sensitif kelembapan (Simanjuntak, 2008).



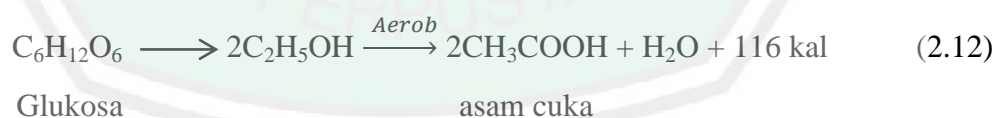
Gambar 2.7 Struktur Polivinil Alkohol (Gaaz, T, dkk, 2015)

Tingkat kelarutan dan kekentalan dari PVA tergantung pada tingkat polimerisasi dengan tingkat hidrolisis. Polimer hidrofilik PVA memiliki impedansi cukup tinggi berada pada orde sebesar 10^7 ohm dengan stabilitas yang rendah. Impedansi yang terlalu tinggi akan menyulitkan pengukuran parameter-parameter listrik (Simanjuntak, 2008). Untuk mengurangi impedansi film PVA, M.R Yang *et al*, menambahkan elektrolit seperti: *P-styrenesulfonatesodium* (PSSD), NaCl dan *m-benzenedisulfonate disodium* (MBSD) pada film PVA, sedangkan untuk meningkatkan stabilitasnya dilakukan *ceoslink* dengan plasma argon. Film PVA yang ditambahkan NaCl dan APS menunjukkan sensitifitas yang tinggi terhadap molekul dengan penurunan impedansi hingga 6 orde. Dibeberapa literatur dijelaskan (Gedem, S. dkk, 2013), dengan mengkombinasi polimer PVA dengan beberapa larutan asam atau garam seperti *phosphoric acid* (H_3PO_4), *hypophosphorus acid* (H_3PO_2), *heteropolyacid* (HPA), *dipotassium phosphate* (K_2HPO_4) dan *sulphosuccinic acid* (SSA) akan meningkatkan konduktivitas polimer PVA.

2.4 Fermentasi

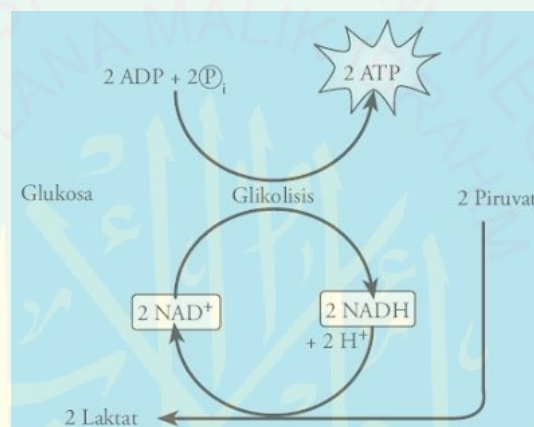
Fermentasi merupakan salah satu proses anaerob yang mengkonversi glukosa, fruktosa, dan sukrosa menjadi etanol dan karbon dioksida (Daugherty E.C, 2001). Proses fermentasi juga menghasilkan asam yang lebih, hal ini meningkatkan kekuatan elektrolit dalam bahan sehingga menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi.

Fermentasi dibagi menjadi dua sifat yaitu fermentasi secara aerob dan fermentasi anaerob. Fermentasi aerob adalah fermentasi yang pada prosesnya memerlukan oksigen. Mikroorganisme memerlukan energi yang diperoleh dari hasil metabolisme bahan pangan. Bahan energi yang paling banyak digunakan mikroorganisme untuk tumbuh adalah glukosa. Adanya oksigen maka mikroorganisme dapat mencerna glukosa menghasilkan air, karbondioksida (CO₂) dan energi (Fardiaz, 1992). Contoh fermentasi aerob adalah fermentasi asam cuka. Fermentasi asam cuka dilakukan oleh bakteri asam cuka (*acetobacter aceti*) dengan substrat etanol. Reaksi kimia fermentasi asam cuka adalah (Hidayat, 2006):



Fermentasi anaerob adalah fermentasi yang prosesnya tidak memerlukan oksigen. Fermentasi anaerob, zat-zat organik dikatabolisme tanpa kehadiran oksigen yang berarti tidak adanya akseptor elektron eksternal melainkan melalui keseimbangan reaksi oksidasi-reduksi internal. Contoh dari fermentasi anaerob

adalah fermentasi asam laktat. Fermentasi asam laktat adalah respirasi yang terjadi pada sel hewan atau manusia ketika kebutuhan oksigen tidak tercukupi akibat bekerja terlalu berat. Proses ini terjadi di otot dalam kondisi anaerob. Reaksi kimia fermentasi asam laktat adalah (Lehninger, 1994) :



Gambar 2.8 Proses Fermentasi Asam Laktat (Rochmah, 2009)

Gambar 2.8 Menunjukkan proses fermentasi asam laktat, yaitu glukosa akan dipecah menjadi 2 molekul asam piruvat melalui glikolisis, membentuk 2 ATP dan 2 NADH. NADH diubah kembali menjadi NAD⁺ saat pembentukan asam laktat dari asam piruvat. Karena pada proses ini tidak ada oksigen yang merupakan reseptor terakhir, maka asam piruvat diubah menjadi asam laktat. Kejadian ini berakibat pada elektron yang tidak meneruskan perjalanannya, tidak lagi menerima elektron dari NADH dan FAD. Penyaluran elektron tidak terjadi menyebabkan NAD⁺ dan FAD yang diperlukan dalam siklus kreb tidak terbentuk dan siklus kreb terhenti.

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

2.5 Derajat Keasaman pH

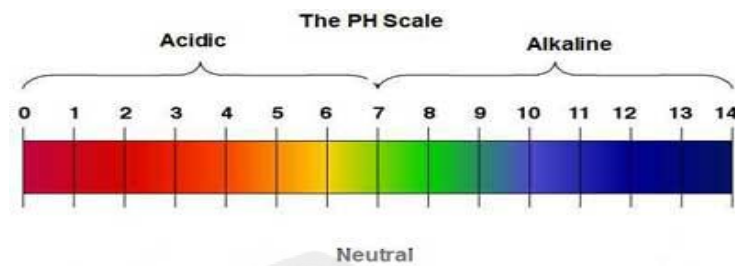
pH merupakan singkatan dari *Pondus Hydrogenil*. pH adalah cara untuk menyatakan konsentrasi ion hidrogen. Larutan asam dan basa pada suhu $25^\circ C$ dapat diidentifikasi berdasarkan nilai nilai pH-nya seperti berikut :

$$\text{Larutan Asam : } [H^+] > 1,0 \times 10^{-7} \text{ M, pH} < 7,00 \quad (2.14)$$

$$\text{Larutan Basa : } [H^+] < 1,0 \times 10^{-7} \text{ M, pH} > 7,00 \quad (2.15)$$

$$\text{Larutan Netral : } [H^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M, pH} = 7,00 \quad (2.16)$$

pH meningkat dengan menurunnya $[H^+]$. Bakteri asam laktat menurunkan pH dan mengubah glukosa dalam larutan atau sampel menjadi asam laktat. Skala keasaman dapat diukur dengan pH meter berupa kertas lakmus atau pH meter digital.



Gambar 2.9 Skala pH (Sugiarto, 2004)

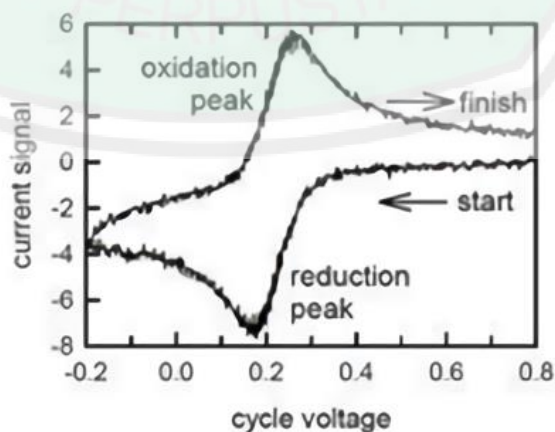
Konsentrasi ion hidrogen yang aktif biasa dinyatakan dengan pH dan sering digunakan untuk menentukan jenis mikroba yang tumbuh dalam makanan dan produk yang dihasilkan (Saeni, 1989). Setiap mikroba masing-masing mempunyai pH optimum, minimum, dan maksimum untuk pertumbuhannya. Sebagai contoh bakteri yang dapat tumbuh baik pada pH mendekati netral, tetapi beberapa bakteri menyukai suasana asam dan yang lain dapat tumbuh dengan sedikit asam atau dalam suasana basa (Fardiaz, 1989).

Derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan dan benda. Lewis mendefinisikan suatu asam sebagai senyawa yang dapat menerima sepasang elektron. Berdasarkan definisi Lewis tentang asam, jelas bahwa terdapat kesamaan antara asam dan pengoksidasi. Keduanya cenderung untuk menarik elektron. Dinamakan elektrofilik atau elektron *attracting agent*. Asam akan menerima pasangan elektron dari basa membentuk ikatan kovalen, sedangkan pengoksidasi menerima elektron (Bird, 1987). Larutan dengan pH besar maka ion penghantar akan semakin sedikit sehingga tegangan dan kuat arus listrik semakin kecil, sedangkan larutan pH kecil akan menghasilkan ion penghantar lebih banyak sehingga tegangan dan kuat arus listrik semakin besar (Atina, 2015).

2.6 Cyclic Voltammetry (CV)

Voltametri merupakan salah satu teknik elektroanalitik dengan prinsip dasar elektrolisis. Elektrolisis merupakan suatu teknik yang berfokus pada hubungan antara besaran listrik dengan reaksi kimia, yaitu menentukan satuan-satuan listrik seperti arus, potensial, atau tegangan dan hubungannya dengan parameter-parameter kimia (Balazs *et al.*, 1999).

Dalam teknik voltammetry, potensial yang diberikan dapat diatur sesuai keperluan. Kelebihan dari teknik ini adalah sensitifitasnya yang tinggi, limit deteksi yang rendah dan memiliki daerah yang lebar. Selama proses pengukuran, konsentrasi analit praktis tidak berubah karena hanya sebagian kecil analit yang dielektroisis. Potensial elektroda kerja diubah selama pengukuran, dan arus yang dihasilkan dialurkan terhadap potensial yang diberikan pada elektroda kerja. Arus yang diukur pada analisis voltametri terjadi akibat adanya reaksi redoks pada permukaan elektroda. Kurva arus terhadap potensial yang dihasilkan disebut voltamogram (Burns *et al.*, 1981).

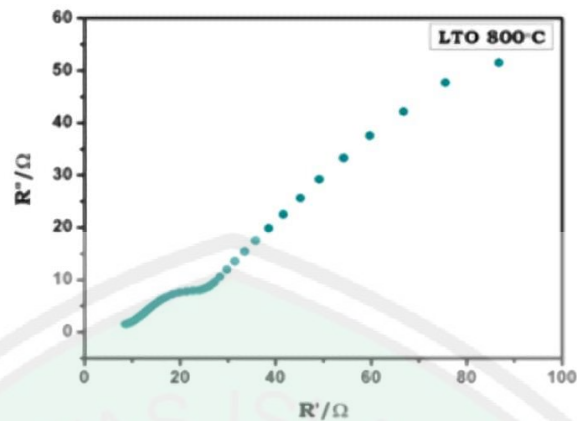


Gambar 2.10 Voltagram Siklik reaksi Oksidasi –Reduksi (wang, 2000)

Voltamogram ditunjukkan pada gambar 2.10 merupakan hasil pengukuran menggunakan metode voltametri siklik, memerlukan suatu instrumen pengukuran yang tepat. Instrumen pengukuran yang digunakan pada pengukuran dinamakan potensiotat. Pada kurva voltamogram siklik memiliki puncak arus katoda I_{pa} dan arus I_{pc} . Puncak dengan arah ke atas yang menunjukkan proses oksidasi sedangkan puncak yang ke bawah menunjukkan proses reduksi. Proses oksidasi terjadi saat proses pengisian ion bergerak dari katoda ke anoda. Proses reduksi terjadi pada saat pengosongan, ion bergerak dari anoda menuju katoda. Proses bergeraknya ion dari anoda ke katoda atau sebaliknya dinamakan sebagai proses interkalasi dan diinterkalasi ion (Nuroniyah, 2018).

2.7 Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Spektroskopi impedansi elektrokimia merupakan metode untuk mengetahui proses yang terjadi pada elektroda dengan mengukur perubahan impedansi dan memplot fungsi tersebut dalam bentuk kompleks. Spektroskopi impedansi elektrokimia dapat mengukur nilai dan mengetahui respon lain yang terjadi ketika diterapkan potensial tertentu. Respon elektrik akan memberikan perubahan impedansi pada permukaan antar elektrolit dan elektroda. Ketika elektroda (permukaan logam) dimasukkan ke dalam elektrolit, muatan listrik pada elektroda menarik ion muatan yang berlawanan dari elektrolit sehingga terjadi penyerahan (polarisasi) muatan. Terjadi polarisasi menyebabkan adanya lapisan antara lapisan elektroda dan elektrolit disebut *electric double layer* (Linden, 2001).



Gambar 2.11 Nyquist Plot (Nuroniya, 2018)

Gambar 2.11 menunjukkan besarnya nilai hambatan pada sampel. R_e (Resistansi Elektronik) yang merupakan nilai terendah dari *semicircle*. R_{ct} (Resistansi *Charge Transfer*) merupakan diameter atau selisih antara nilai tertinggi dan terendah dari setengah lingkaran. Nilai terendah dari setengah lingkaran yaitu $R_{ct} + R_e$. R_{ct} yang telah diketahui dari plot digunakan untuk menghitung konduktivitas baterai dengan rumus (Subhan, 2011) :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.17)$$

$$R_{ct} = \rho \frac{l}{A} \quad (2.18)$$

$$\sigma = \frac{l}{R_{ct}A} \quad (2.19)$$

Dimana σ adalah konduktivitas (S/cm), A luas anoda (cm^2), l tebal anoda (mm), dan R_{ct} adalah hambatan (ohm).

2.8 Kajian Pustaka

Berbagai limbah biomassa telah banyak digunakan sebagai elektrolit baterai. Penelitian Fadli, dkk (2012), menggunakan biomassa nanas sebagai elektrolit. Buah nanas yang telah dihaluskan diberi dua elektroda yang telah disambung LED dan dirangkai secara seri. Selanjutnya diuji kinerja sel volta utama dengan arus terhadap waktu dengan pasta nanas yang telah disaring dan tidak disaring.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ekstrak buah nanas tidak disaring menghasilkan tegangan konstan 950 mV hingga 5 jam dan setelah 6 jam tegangan mengalami penurunan. Sedangkan untuk ekstrak buah nanas yang telah disaring mengalami penurunan tegangan. Tegangan mula-mula 950 mV turun menjadi 800 mV saat waktu 6 jam.

Biomasa lain yang digunakan sebagai pasta batu baterai yaitu kulit pisang dan kulit durian. Kulit durian dan kulit pisang dihaluskan dan diletakkan pada tempat baterai bekas, setelah diuji tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil dari pengujian dengan beberapa sampel kulit pisang yang berbeda. Arus dan tegangan lebih besar pada pasta baterai kulit pisang ambon dibandingkan kulit durian dan kulit pisang lainnya (Muhlisin, dkk. 2015).

Pasta bio baterai juga dapat dibuat dari empulur pisang. Metode pembuatan pasta bio baterai dengan merebus empulur pisang dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, 30, 35 menit, Peletakan pasta bio baterai antar elektroda Cu dan Zn yaitu 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 cm. Ukuran elektroda yang berbeda 5 x 9 cm² dan 11 x 11 cm². Jarak antar elektroda 1,5 cm dengan waktu perebusan 20 menit

efektif digunakan sebagai pasta bio baterai. Hasil menunjukkan bahwa menyala LED 3W selama lebih dari 600 jam memiliki penerangan konstan 3500 LUX terus menerus (Kumara, dkk. 2015).

Empulur pisang tanpa perebusan juga dapat digunakan sebagai elektrolit. Metode yang digunakan adalah empulur pisang halus disusun secara sandwich diantara elektroda Cu dan Zn dirangkai secara paralel dengan jarak antar elektroda 2 cm dan disambungkan pada LED. Hasil yang diperoleh adalah empulur sangat bagus sebagai kandidat elektrolit sebagai sel galvanik. LED menyala lebih dari 500 jam apabila elektrolit tidak kering (Jayashanta, dkk. 2012).

Elektrolit larutan dari jeruk nipis dan lemon dibuat menggunakan bahan akrilik yang dibentuk seperti balok tanpa tutup dengan ukuran 7 x 7 x 8 cm. Elektroda yang digunakan adalah Cu dan Zn dan diukur menggunakan multimeter dan uji nyala LED. Kemampuan sel elektrolisis dengan bahan elektrolit larutan jeruk nipis dan lemon dapat menghasilkan daya untuk menyalakan 9 LED, namun dari sisi kestabilan daya untuk semua kondisi variasi fermentasi, buah lemon adalah yang terbaik sebagai bahan larutan elektrolit (Suciyati, dkk. 2019).

2.9 Kajian Integrasi Islam

Allah telah berfirman dalam Al-Qur'an surat Asy-Syu'araa (26): 7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ...{7}

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik.....” (QS. Asy-Syu'araa (26): 7)

Ayat *أَوَلَمْ يَرَوْا* (Dan apakah mereka tidak memperhatikan) maksudnya tidak memikirkan tentang- *أَلَيْسَ الْأَرْضُ كَمِ أَنْبَتْنَا فِيهَا* (bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan dibumi itu) alangkah banyaknya- *مِنْ كُلِّ رَوْحٍ كَرِيمٍ* (dari bermacam-macam tumbuh-tumbuhan yang baik) jenisnya (Al-Mahalli, 2009). Allah mempertegas, jika orang-orang musyrik itu mengingkari dan mendustakan hari berbangkit dan hari pembalasan, maka mengapa mereka tidak memperhatikan kondisi tanah yang tadinya tandus kemudian menjadi subur setelah Allah turunkan air dari langit. Tanah yang tadinya mati kemudian Allah hidupkan dengan air hujan tadi lalu ditumbuhkannya bermacam-macam tumbuhan yang bagus, sempurna dan banyak manfaatnya (Al-Jazairi, 2008).

Pernyataan diatas menjelaskan bahwa Allah menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan dengan bagus dan memiliki manfaat bagi manusia. Manfaat tumbuhan selain buahnya dimakan, daun digunakan sebagai pakan ternak dan kayunya sebagai kayu bakar. Tumbuhan juga dapat digunakan sebagai energi terbarukan seperti, biomassa, biodiesel, dan bioethanol. Contoh bagian tumbuhan yang digunakan sebagai biomassa adalah kayu. Kayu berasal dari batang tumbuhan. Allah telah berfirman dalam QS. Yasin (36): 80.

الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ مِنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِنْهُ تُوقِدُونَ. {80}

“yaitu (Allah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu.”(QS.Yasin (36): 80.

(الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ) “yaitu Tuhan yang membuat untukmu” dalam kelompok manusia (مِنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ) “dari kayu yang hijau”, yaitu kayu *markh* dan kayu ‘*afa*, atau semua jenis kayu selain kayu ‘*unnab (نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِنْهُ تُوقِدُونَ) “api, lalu*

tiba-tiba kamu menyalakan (api) dari kayu itu”, maksudnya mematikan api dari kayu itu (Al-Mahalli, 2010).

Firman diatas membuktikan bahwa kayu merupakan sumber api (energi) yang dapat digunakan secara terus menerus. Kayu merupakan sumber energi yang bila digunakan secara langsung melalui proses pembakaran akan menghasilkan panas atau dijadikan sebagai biofuel. Selain bagian batang, buah dan limbah buahnya juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Limbah buah tanpa perlakuan akan menyebabkan pencemaran lingkungan, sehingga limbah buah perlu diolah untuk mendapatkan manfaat yang lebih banyak. Pengolahan dilakukan dengan metode tertentu, sehingga menghasilkan barang yang diinginkan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2018 sampai selesai di Worksop Fisika Fakultas Saint dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang, dan Laboratorium Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Pembuatan gel elektrolit bio-baterai dilakukan melalui tahap fermentasi. Sampel dibuat menjadi gel elektrolit bio baterai dan dikarakterisasi menggunakan EIS, CV, pengukuran tegangan, arus dan hambatan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan karakteristik gel elektrolit bio baterai yang di hasilkan antara gel elektrolit baterai dengan penambahan PVA dan gel elektrolit baterai tanpa PVA.

3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.3.1 Peralatan Penelitian

- a) Plat Zn (Seng)
- b) Plat Cu (Tembaga)
- c) Wadah 4,5 x 6,5 cm
- d) Cawan Petri
- e) Gelas ukur
- f) *Beaker glass*
- g) Spatula

- h) Timbangan Digital
- i) *Hot plate*
- j) *Magnetic Stirrer*
- k) pH Universal
- l) pH Digital
- m) Multimeter Digital
- n) Timer
- o) CV (*Cyclic Voltametry*)
- p) EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*)

3.3.2 Bahan

- a) Limbah kulit pisang
- b) Limbah kulit sukun
- c) Limbah kulit markisa
- d) Aquades
- e) PVA

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap kegiatan yaitu pembuatan pasta, pembuatan gel elektrolit bio baterai dan pengujian gel elektrolit bio baterai.

3.4.1 Pembuatan Pasta Baterai

- a) Limbah kulit pisang, kulit sukun, dan kulit markisa dibersihkan menggunakan air.
- b) Limbah kulit pisang, kulit sukun, dan kulit markisa direbus selama 15 menit dan ditiriskan.

- c) Libah kulit pisang, kulit sukun, dan kulit markisa di haluskan dengan blender hingga menjadi pasta.
- d) Pasta diletakkan pada beaker glass dan di fermentasi selama 12 hari.

3.4.2 Pembuatan Gel Elektrolit Baterai

- a) Menghitung bahan yang dibutuhkan untuk komposisi pembuatan gel elektrolit, PVA (5 gr), Aquades (40 ml), pasta (10 gr).
- b) *Glass beaker* berisi PVA dan aquades dipanaskan pada temperatur 100 °C dan putaran sebesar 300 rpm selama 30 menit menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer*.
- c) Pasta dicampurkan kedalam dalam larutan dan diaduk selama 20 menit hingga larutan mengental.
- d) Gel elektrolit diletakkan pada wadah plastik dengan ukuran 4,5 cm x 6,5 cm dan dibiarkan hingga dingin.
- e) Gel elektrolit yang sudah dingin diberi elektroda Zn dan Cu ukuran 2 cm x 6,5 cm dengan jarak antar elektroda 1 cm.

3.4.3 Uji Gel Electrolit Baterai

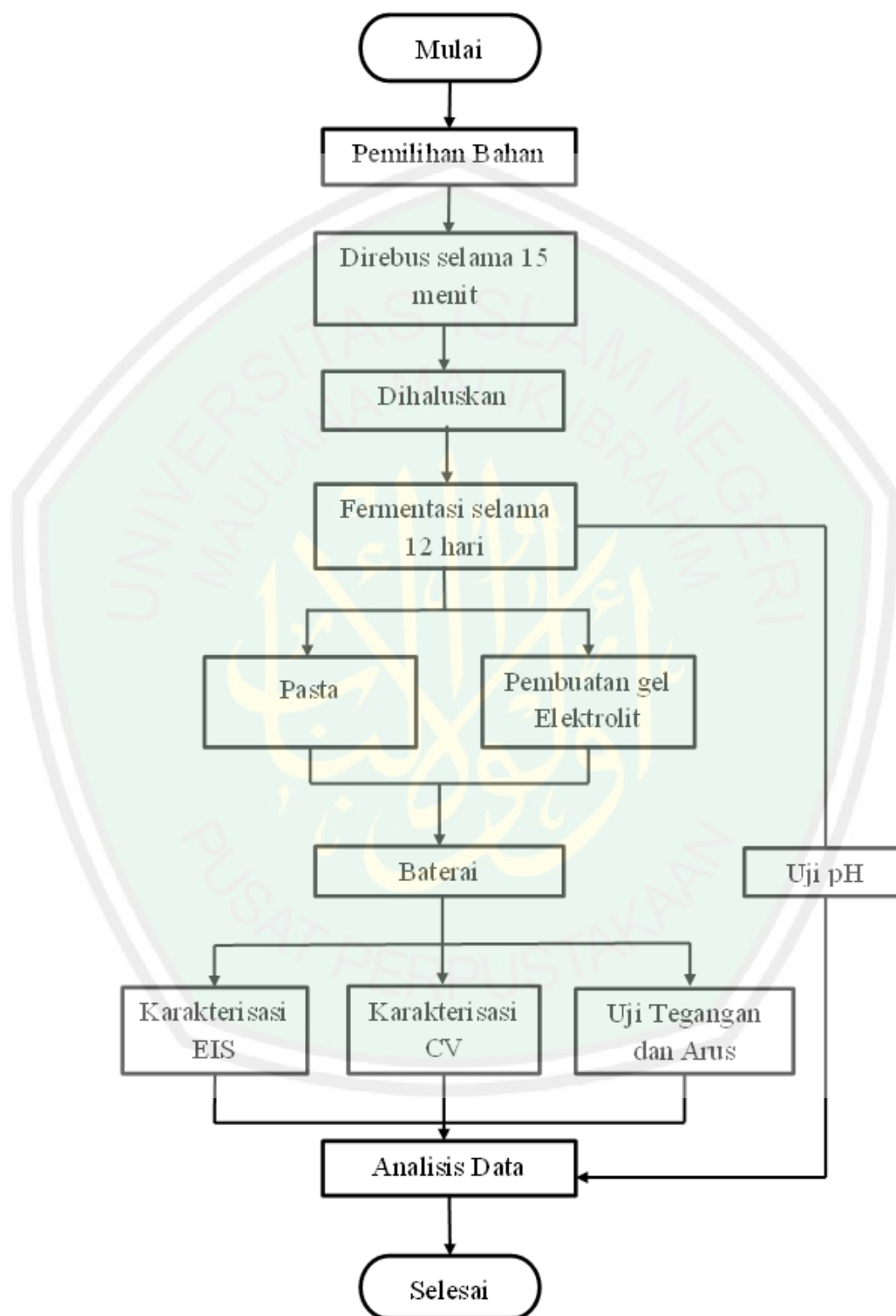
Uji gel elektrolit bio baterai dengan 4 cara:

- a) Gel elektrolit bio baterai diuji menggunakan *Cyclic voltammetry* untuk mengkonfirmasi adanya reaksi redoks dalam gel elektrolit bio baterai.
- b) Gel elektrolit diuji menggunakan *electrochemical impedance spectroscopy* untuk mengetahui konduktivitas dan koefisien difusi dalam gel elektrolit baterai.

- c) Pasta diuji pH untuk mengetahui mengetahui pH yang dihasilkan pasta selama proses fermentasi.
- d) Gel elektrolit baterai diuji hambatan, arus, dan tegangan untuk mengetahui besar arus, tegangan, dan hambatan yang dihasilkan.

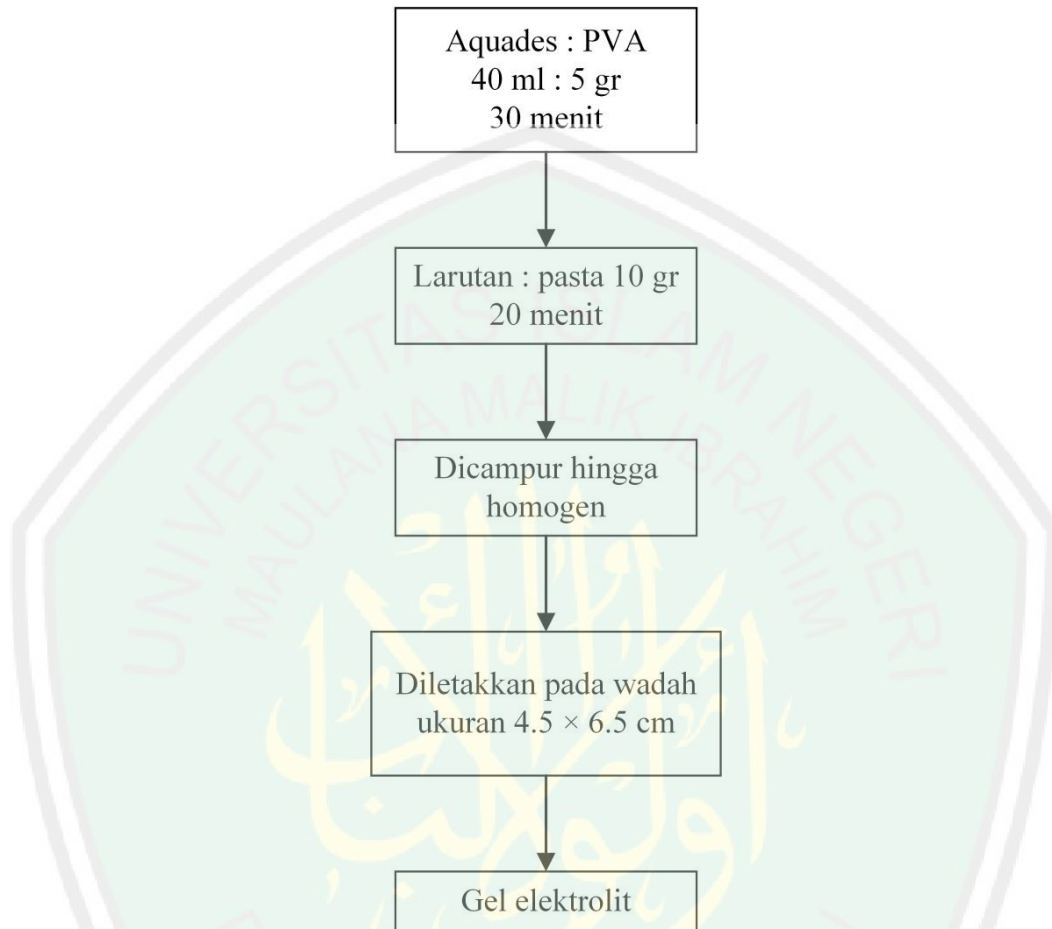


3.5 Diagram Alur penelitian



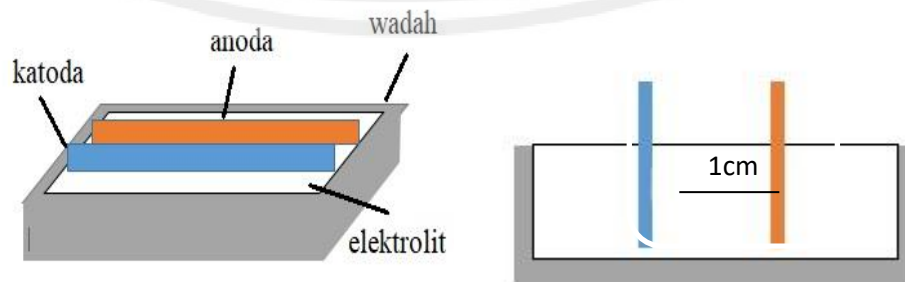
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.5.1 Diagram Pembuatan Gel Elektrolit



Gambar 3.2 Diagram pembuatan Gel Elektrolit

3.5.2 Susunan Baterai dengan Gel Elektrolit Pasta Buah



Gambar 3.3 Susunan Baterai

3.6 Pengambilan Data

3.6.1 Uji pH (*Pondus Hydrogenil*)

Uji pH dilakukan untuk mengetahui pH yang dihasilkan pasta selama proses fermentasi. Pengujian pH akan menggunakan alat pH meter analog dan universal, kemudian di masukkan pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Hasil pengukuran pH selama 12 hari

Hari	Nilai pH		
	Sukun	Markisa	Pisang
H-1			
H-2			
H-3			
H-4			
H-5			
H-6			
H-7			
H-8			
H-9			
H-10			
H-11			
H-12			

3.6.2 Pengukuran Arus dan Tegangan

Uji tegangan dan arus dilakukan untuk mengetahui besar tegangan dan arus yang dihasilkan pasta yang dicampur PVA dengan pasta tanpa PVA. Pengukuran Arus dan tegangan dilakukan menggunakan multimeter

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan

Sampel	Tanpa PVA				PVA			
	I (A)	V (V)	R (Ω)	σ (S/cm)	I (A)	V (V)	R (Ω)	σ (S/cm)
H-4								
Sukun								
Markisa								
Pisang								
H-8								
Sukun								
Markisa								
Pisang								
H-12								
Sukun								
Markisa								
Pisang								

3.6.3 Uji Menggunakan EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*)

Uji EIS dilakukan untuk mengetahui sifat sifat elektrik baterai. Data yang diperoleh dari uji EIS adalah berupa cole-cole plot yang berisi informasi mengenai resistansi sampel, konduktivitas sampel.

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Menggunakan EIS

Sampel	R_e (Ω)	R_{ct} (Ω)	Konduktivitas Transfer Muatan (S/cm)	Konduktivitas Elektrolit (S/cm)
Sukun-PVA				
Sukun				
Markisa-PVA				
Markisa				
Pisang-PVA				
Pisang				

3.6.4 Uji CV (*Cyclic Voltammetry*)

Uji CV dilakukan untuk mengetahui reaksi reduksi dari oksidasi yang terjadi di dalam baterai. Data yang diperoleh berupa grafik yang menginformasikan data pada tabel 3.4

Nilai difusi ion dicari menggunakan persamaan *Randles-Sevcik* pada persamaan 3.2. Dimana n adalah banyaknya elektron permolekul, A luas penampang (cm^2), C konsentrasi ion (mol/cm^3), D koefisien difusi ion (cm^2/S), V adalah kecepatan scan (v/s), dan I_p adalah arus puncak (A). Data hasil perhitungan dimasukkan pada tabel.

$$I_p = 2,659 \times 10^5 n^{3/2} A C D^{1/2} V^{1/2} \quad (3.2)$$

Tabel 3.4 Hasil pengujian CV

Sampel	V_{oks} (V)	V_{red} (V)	I_p (mA)	$V_{\text{oks}} - V_{\text{red}}$ (V)	V_{kerja} (V)	D (cm^2/S)
Sukun- PVA						
Sukun						
Markisa-PVA						
Markisa						
Pisang-PVA						
Pisang						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Pembuatan Pasta Baterai

Penelitian tentang pemanfaatan limbah biomassa sebagai gel elektrolit baterai menggunakan limbah kulit pisang, kulit markisa, dan kulit sukun dimulai pada Oktober 2018 sampai April 2019. Pembuatan pasta baterai dilakukan di Laboratorium Riset Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pasta dari limbah kulit sukun, kulit pisang, dan kulit markisa dibersihkan dengan air dan direbus selama 15 menit. Limbah yang sudah direbus, dihaluskan menggunakan blender dengan campuran 200 gram limbah dan 100 ml aquades dan difermentasi selama 12 hari.

Pasta elektrolit baterai dibuat dengan campuran 40 ml aquades, 10 gram pasta limbah, dan 5 gram PVA. Aquades dan PVA dipanaskan pada suhu 100 °C dan diaduk dengan *magnetic stirrer* (300 rpm) selama 30 menit. Pasta ditambahkan dalam larutan, kemudian diaduk selama 20 menit hingga tercampur. Gel elektrolit baterai di letakkan pada wadah dengan ukuran 4 cm x 6 cm, kemudian elektroda (Cu dan Zn) diletakkan di dalam gel elektrolit baterai. Jarak antar elektroda adalah 1 cm. Pasta elektrolit baterai tanpa campuran PVA dibuat dengan menggunakan 15 gram pasta limbah, kemudian diletakkan pada wadah dengan jarak antar elektroda 1 cm.

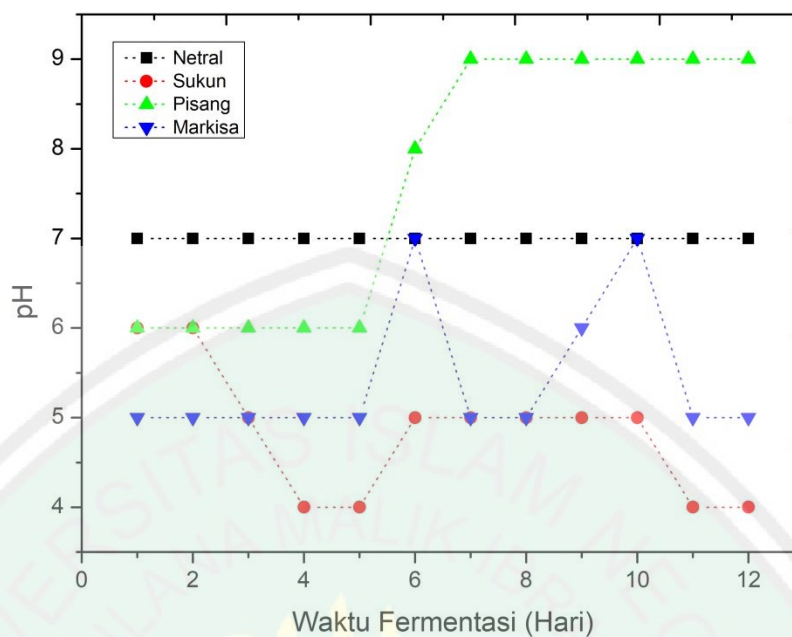
4.1.2 Pengukuran pH Pasta

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman yang ada pada pasta. Pengukuran pH menggunakan kertas pH universal. Pengukuran pH dilakukan selama 12 hari selama proses fermentasi. Data hasil pengukuran pH ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pH selama 12 hari

Hari	Nilai pH		
	Sukun	Pisang	Markisa
H-1	6	6	5
H-2	6	6	5
H-3	5	6	5
H-4	4	6	5
H-5	4	6	5
H-6	5	8	7
H-7	5	9	5
H-8	5	9	5
H-9	5	9	6
H-10	5	9	7
H-11	4	9	5
H-12	4	9	5

Tabel 4.1 menunjukkan adanya perubahan pH selama proses fermentasi yang dilakukan selama 12 hari. Perubahan pH yang dihasilkan oleh sampel lebih jelas ditampilkan dalam bentuk diagram pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Perubahan pH selama Proses Fermentasi

Gambar 4.1 menunjukkan perubahan pH dengan variasi waktu fermentasi pada sampel kulit pisang, kulit sukun, dan kulit markisa. Nilai pH yang dihasilkan pada pada sampel berbeda-beda tergantung bahan dan lama waktu fermentasi. Besar kecilnya nilai pH yang dihasilkan menunjukkan sampel bersifat asam atau basa. Pada sampel kulit pisang menghasilkan nilai pH semakin besar diatas pH netral dengan selisih 2 angka dimana pH nya adalah 9, maka semakin lama kulit pisang di fermentasi semakin bersifat basa. Kulit markisa tidak mengalami perubahan pH secara signifikan, namun kulit markisa bersifat asam selama proses fermentasi karena memiliki nilai selisih 2 dibawah pH netral. Sedangkan untuk kulit sukun semakin lama waktu fermentasi menyebabkan pH semakin kecil dibawah pH netral dengan selisih 3 angka dimana pH yang dihasilkan yaitu 4, sehingga kulit sukun semakin lama akan bersifat asam.

4.1.3 Uji Arus dan Tegangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui perubahan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pasta selama proses fermentasi. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital dengan membuat rangkaian di Laboratorium elektronika UIN Malang. Pada pengukuran arus dan tegangan dibuat dua varisasi sampel yaitu sampel dengan campuran PVA dan sampel tanpa campuran PVA. Pengujian dilakukan pada hari ke 4, ke 8, dan ke 12 selama proses fermentasi. Nilai hambatan dan konduktivitas dihitung dengan menggunakan persamaan pada 4.1 (Halliday, 1993) :

$$R = \frac{V}{I} \quad (4.1)$$

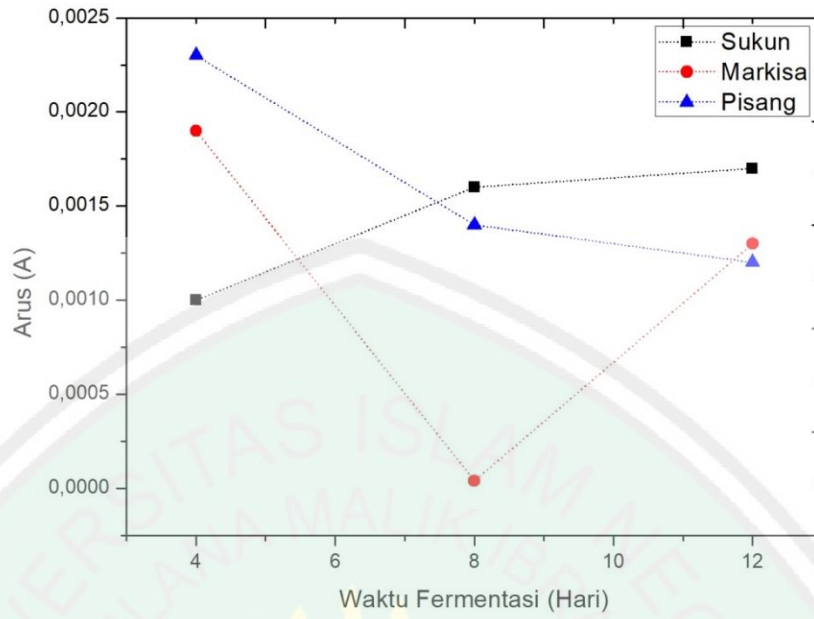
$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (4.2)$$

Dimana R adalah hambatan (Ω), V tegangan (Volt), I arus (A), dan σ adalah konduktivitas. Hasil pengukuran dan perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2.

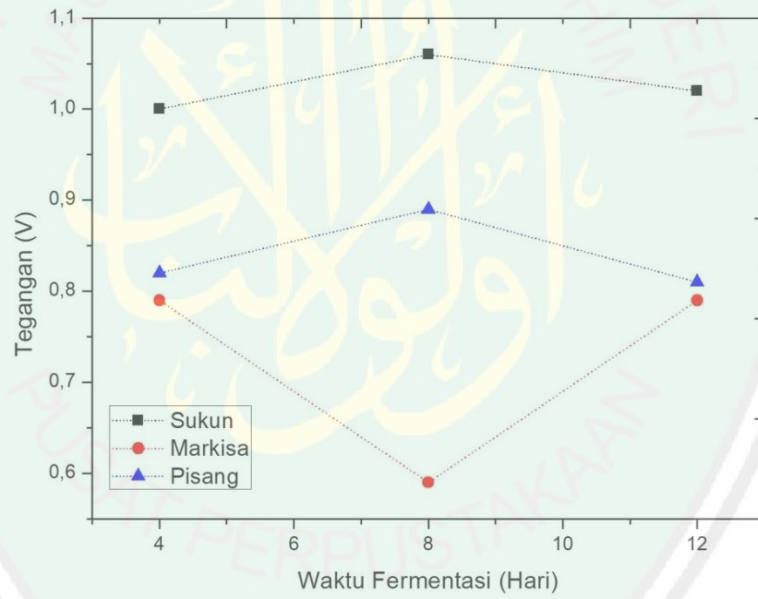
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan

Sampel	Tanpa PVA				PVA			
	I (A)	V (V)	R (Ω)	σ (S/cm)	I (A)	V (V)	R (Ω)	σ (S/cm)
H-4								
Sukun	1×10^{-3}	1	1000	$7,72 \times 10^{-5}$	1×10^{-3}	0,95	950	$8,09 \times 10^{-5}$
Markisa	$1,9 \times 10^{-3}$	0,79	415,7	$1,85 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-3}$	0,79	303,8	$2,53 \times 10^{-4}$
Pisang	$2,3 \times 10^{-3}$	0,82	356,5	$2,15 \times 10^{-4}$	$6,1 \times 10^{-4}$	0,94	1540,9	$4,99 \times 10^{-5}$
H-8								
Sukun	$1,6 \times 10^{-3}$	1,06	662,5	$1,16 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-3}$	0,87	543,7	$1,41 \times 10^{-4}$
Markisa	4×10^{-5}	0,59	14750	$5,21 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-3}$	0,99	707,1	$1,08 \times 10^{-4}$
Pisang	$1,4 \times 10^{-3}$	0,89	635,7	$1,21 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,74	616,6	$1,24 \times 10^{-4}$
H-12								
Sukun	$1,7 \times 10^{-3}$	1,02	600	$1,28 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-3}$	1,09	641,1	$1,29 \times 10^{-4}$
Markisa	$1,3 \times 10^{-3}$	0,79	607,6	$1,26 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,50	416,6	$1,84 \times 10^{-4}$
Pisang	$1,2 \times 10^{-3}$	0,81	675	$1,13 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,75	625	$1,23 \times 10^{-4}$

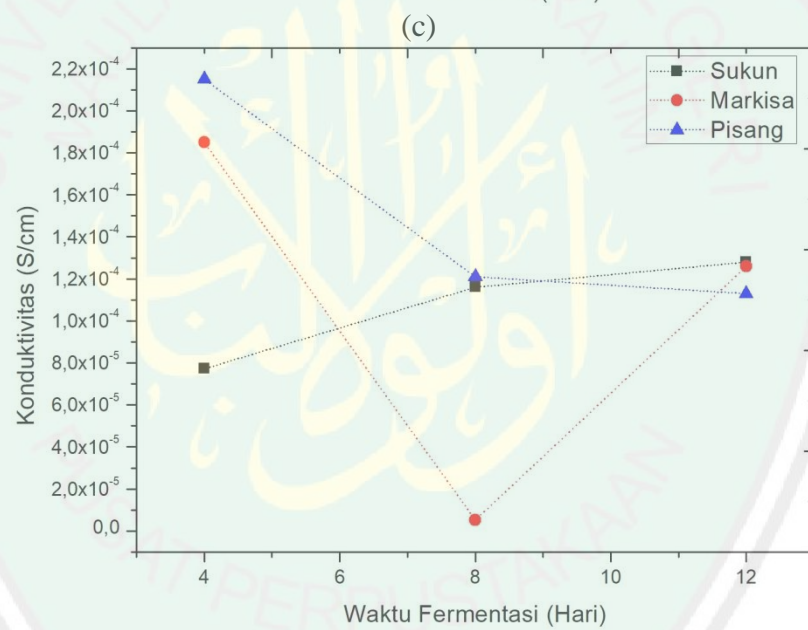
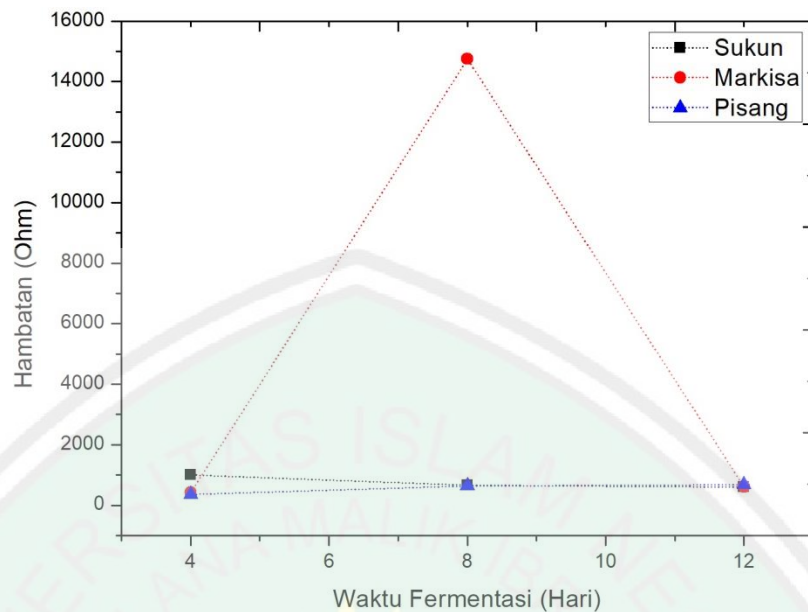
Hasil dari tabel 4.2 ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.2 dan 4.3. Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil dari pengukuran arus, tegangan dan hasil perhitungan hambatan serta konduktivitas pada sampel tanpa campuran PVA. Sedangkan pada gambar 4.3 menunjukkan grafik hasil pengukuran dan perhitungan pada sampel dengan campuran PVA.



(a)



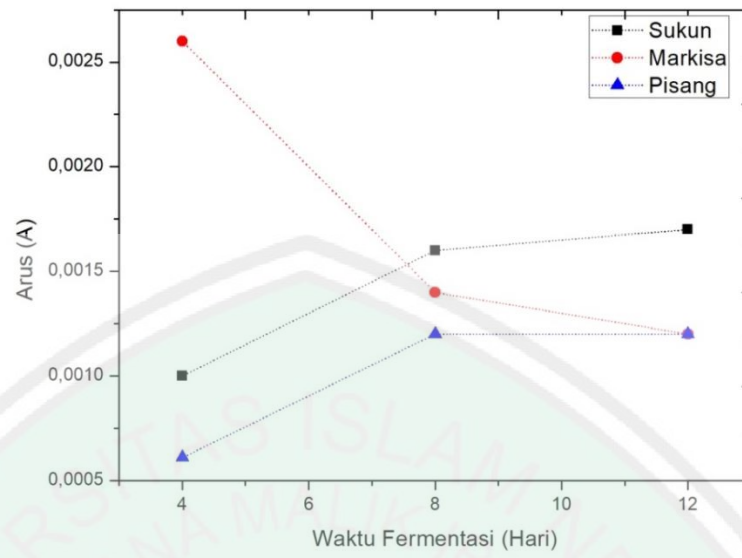
(b)



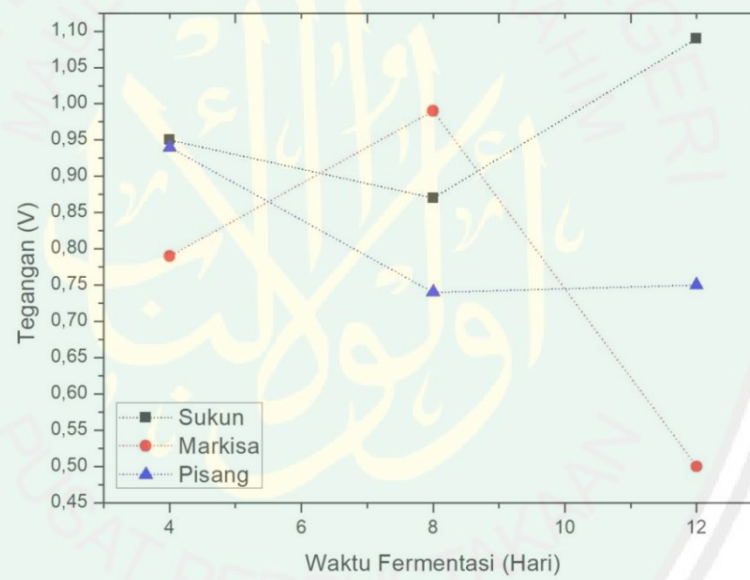
Gambar 4.2 Pengukuran (a) Arus, (b) Tegangan, (c) Hambatan, (d) Konduktivitas pada Sampel tanpa PVA

Gambar 4.2 menunjukkan grafik fungsi waktu fermentasi terhadap perubahan nilai arus, tegangan, dan hambatan. Nilai arus maksimum sampel kulit sukun yaitu $1,7 \times 10^{-3}$ A pada hari ke 12 waktu fermentasi, dan pada sampel kulit markisa nilai arus maksimum yang dihasilkan $1,9 \times 10^{-3}$ A pada hari ke 4.

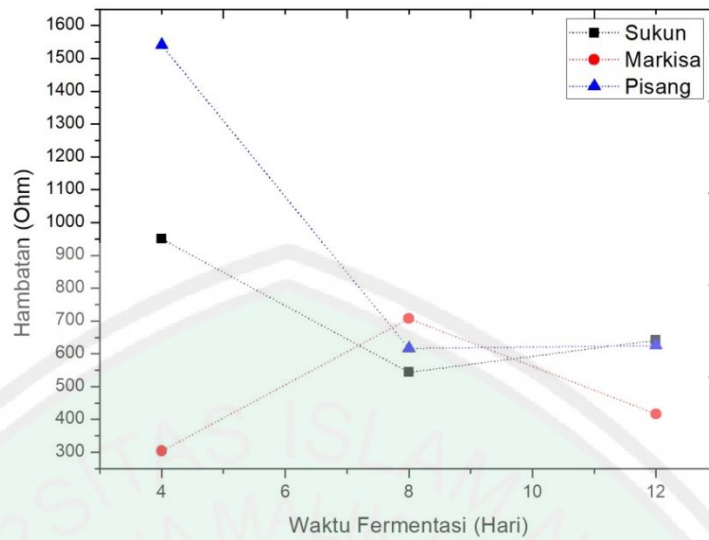
Sedangkan sampel pisang menghasilkan nilai arus maksimum pada hari ke 8 waktu fermentasi sebesar $2,3 \times 10^{-3}$ A. Nilai arus yang dihasilkan menunjukkan bahwa arus pada kulit sukun semakin naik selama waktu fermentasi, dan pada sampel kulit pisang nilai arus yang dihasilkan semakin menurun selama waktu fermentasi. Pada nilai tegangan maksimum sampel kulit sukun didapatkan pada hari ke 8 yaitu 1,06 V, dan sampel kulit markisa nilai tegangan maksimum sebesar 0,79 pada hari ke 8 dan 9 waktu fermentasi. Nilai tegangan maksimum sampel kulit pisang dihasilkan pada hari ke 8 waktu fermentasi yaitu sebesar 0,89 V. Hasil perhitungan nilai hambatan maksimum sampel kulit sukun dihasilkan pada hari ke 4 yaitu 1000Ω , dan sampel kulit markisa menghasilkan hambatan maksimum pada hari ke 8 waktu fermentasi yaitu 14750Ω . Untuk nilai hambatan maksimum sampel kulit pisang pada hari ke 12 waktu fermentasi yaitu 675Ω . Setelah hasil perhitungan hambatan, kemudian dicari besar nilai konduktivitas masing-masing sampel. Nilai konduktivitas maksimum kulit sukun yaitu $1,28 \times 10^{-4}$ S/cm pada hari ke 12 waktu fermentasi, dan kulit markisa memiliki nilai konduktivitas maksimum pada hari ke 4 waktu fermentasi dengan nilai konduktivitas sebesar $1,85 \times 10^{-4}$ S/cm. Pada kulit pisang menghasilkan nilai konduktivitas maksimum $2,15 \times 10^{-3}$ S/cm pada hari ke 4 waktu fermentasi.



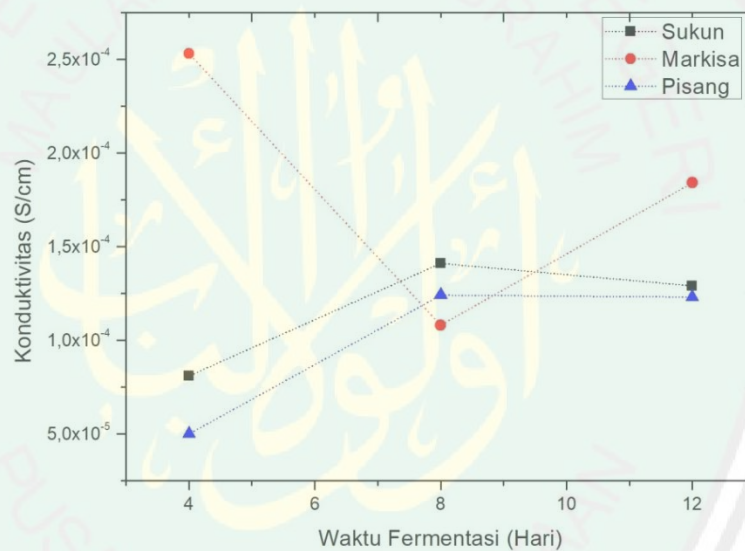
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.3 Grafik Pengukuran (a) Arus, (b) Tegangan, (c) Hambatan, (d) Konduktivitas pada Sampel dengan PVA

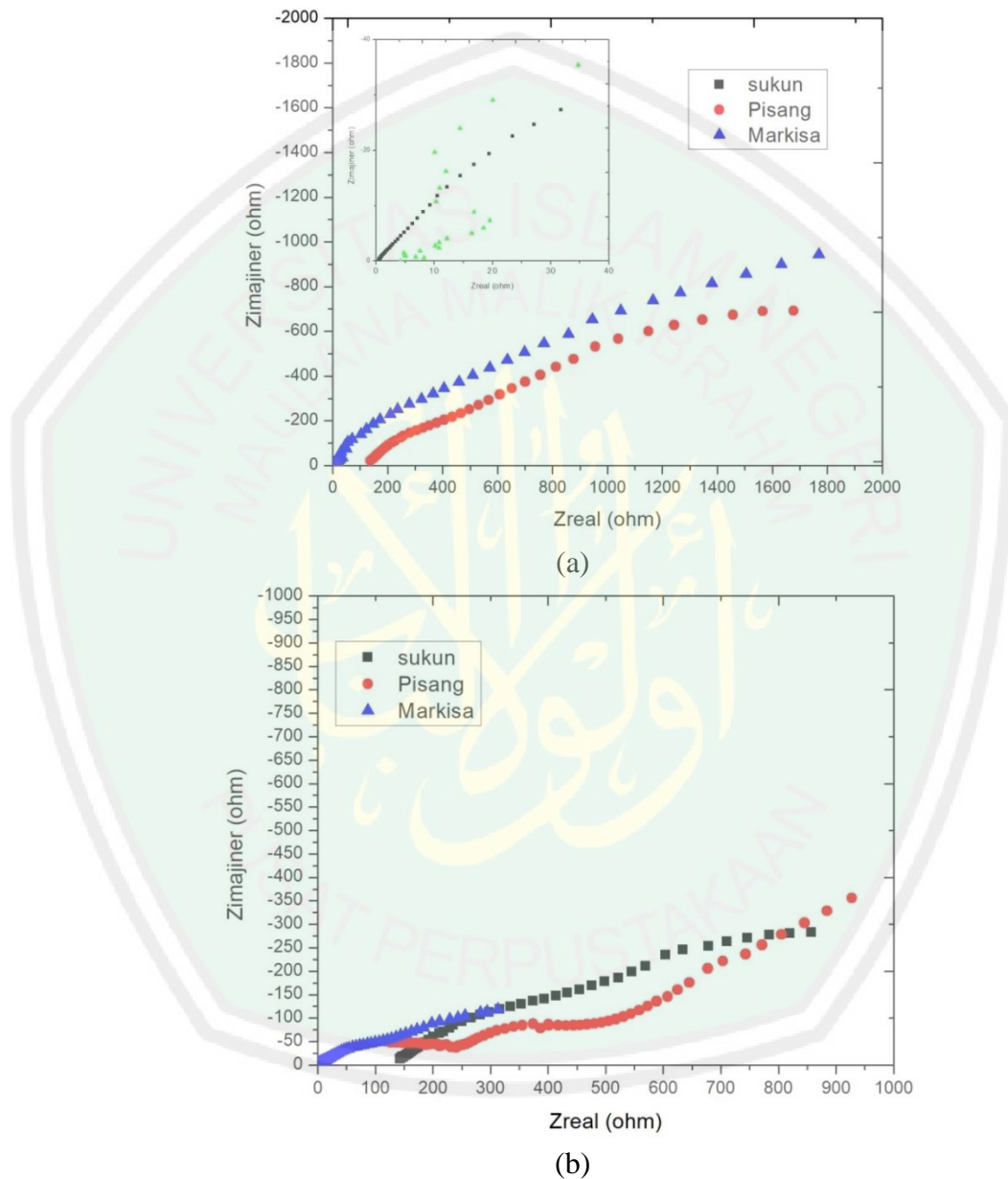
Gambar 4.3 menunjukkan grafik fungsi waktu fermentasi terhadap nilai arus, tegangan, dan hambatan. Didapatkan bahwa nilai arus pada kulit sukun semakin naik selama waktu fermentasi dimana nilai arus maksimum $1,7 \times 10^{-3}$ A pada hari ke 12. Pada sampel kulit markisa nilai arus dihasilkan semakin selama waktu fermentasi dengan nilai arus maksimum $2,6 \times 10^{-3}$ A dihari ke 4, sedangkan nilai arus maksimum sampel kulit pisang dihasilkan pada hari ke 8 dan 12 waktu

fermentasi yaitu $1,2 \times 10^{-3}$ A. Nilai tegangan pada sampel kulit sukun dihasilkan nilai maksimum 1,09 V dihari ke 12 waktu fermentasi, dan nilai tegangan maksimum sampel kulit markisa 0,99 V pada hari ke 8 waktu fermentasi. Sedangkan sampel kulit pisang menghasilkan tegangan maksimum 0,94 V pada hari ke 4 waktu fermentasi. Nilai hambatan maksimum yang dihasilkan sampel kulit sukun 950Ω pada hari ke 4 waktu fermentasi, dan sampel kulit markisa menghasilkan nilai hambatan maksimum $707,1 \Omega$ dihari ke 8 waktu fermentasi. Sedangkan hambatan sampel kulit pisang mengalami kenaikan selama waktu fermentasi dimana nilai hambatan maksimum yang dihasilkan yaitu $1540,9 \Omega$ pada hari ke 4. Dari nilai hambatan yang diperoleh, kemudian dicari nilai konduktivitas yang dihasilkan oleh sampel. Nilai konduktivitas maksimum sampel sukun pada hari ke 8 selama waktu fermentasi yaitu $1,41 \times 10^{-4}$ S/cm dan pada kulit markisa nilai konduktivitas maksimum $2,53 \times 10^{-4}$ S/cm dihari ke 4 waktu fermentasi. Sedangkan kulit pisang menghasilkan nilai konduktivitas maksimum $1,24 \times 10^{-4}$ S/cm di hari ke 8 waktu fermentasi. Besar kecilnya nilai arus, tegangan, dan hambatan yang dihasilkan pada sampel dengan campuran PVA dan tanpa campuran PVA bervariasi. Hal ini terjadi tergantung sampel, lama fermentasi dan pemberian PVA pada sampel sehingga nilai yang dihasilkan berbeda-beda.

4.1.4 Uji Menggunakan EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*)

Pengujian pengukuran nilai impedansi imajiner dan impedansi real dilakukan dengan menggunakan alat *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (CS310) di Laboratorium Korosi Fakultas Teknik Metalurgi ITS Surabaya. Pengukuran dilakukan dengan dua variasi sampel dengan campuran PVA dan

tanpa campuran PVA. Didapatkan Nyquist plot yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Nyquist Plot Sampel (a) dengan PVA dan (b) tanpa PVA

Nyquist plot pada gambar 4.4 berbentuk plot setengah lingkaran yang menunjukkan hambatan permukaan sampel, semakin besar ukuran setengah lingkaran maka hambatan semakin besar. Pola setengah lingkaran merepresentasikan adanya hambatan elektrolit yang terjadi karena reaksi elektrokimia dalam elektrolit tersebut dimana dalam keadaan tertentu antar elektrolit dan permukaan materail aktif akan terbentuk lapisan ganda. Gambar 4.4 (a) menunjukkan nilai hambatan (R_{ct}) tertinggi pada sampel markisa yaitu 567,20 Ohm, sedangkan nilai hambatan (R_{ct}) terkecil yaitu 91,33 Ohm pada sampel sukun. Gambar 4.4 (b) menunjukkan nilai hambatan (R_{ct}) tertinggi pada sampel sukun yaitu 413,34 Ohm, dan nilai hambatan terkecil diperoleh pada sampel markisa yaitu 92,666 Ohm. Nilai R_e dan R_{ct} yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konduktivitas transfer muatan dan konduktivitas elektrolit. Hasil perhitungan konduktivitas transfer muatan dan konduktivitas elektrolit pada sampel dengan campuran PVA dan tanpa PVA ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan dari Data EIS Sampel dengan PVA dan tanpa PVA

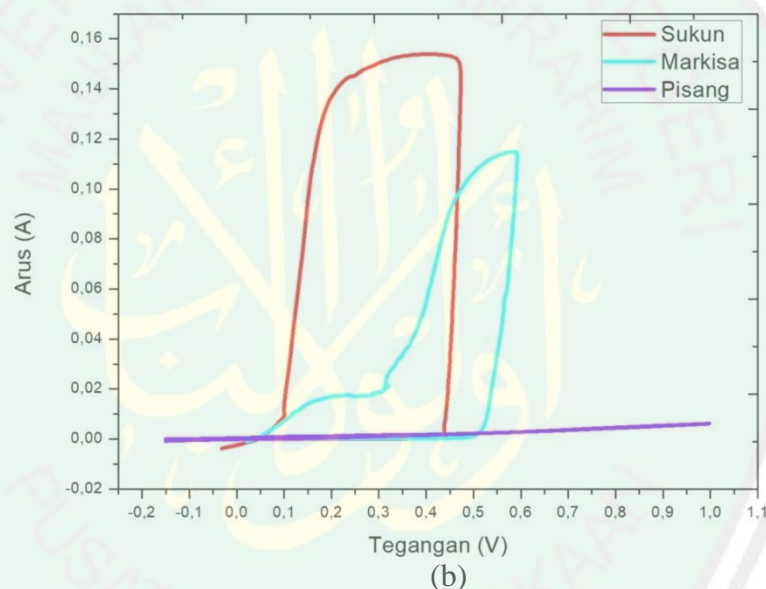
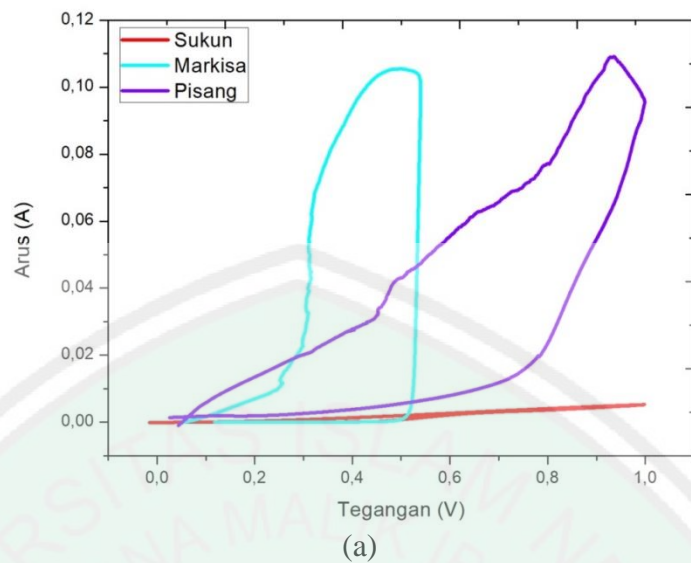
Bahan	R_e (Ω)	R_{ct} (Ω)	Konduktivitas Transfer Muatan (S/cm)	Konduktivitas Elektrolit (S/cm)
Sukun – PVA	0,41	91,33	$5,90 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-1}$
Sukun	143,22	413,34	$1,30 \times 10^{-4}$	$5,37 \times 10^{-4}$
Markisa – PVA	4,19	567,2	$9,44 \times 10^{-5}$	$1,84 \times 10^{-2}$
Markisa	0,844	92,66	$5,81 \times 10^{-4}$	$9,11 \times 10^{-2}$
Pisang – PVA	137,05	298,04	$1,81 \times 10^{-4}$	$5,61 \times 10^{-4}$
Pisang	118,37	191,15	$2,82 \times 10^{-4}$	$6,50 \times 10^{-4}$

Tabel 4.3 menunjukkan nilai hambatan transfer muatan (R_{ct}) tertinggi yaitu 567,20 Ohm pada sampel markisa dengan campuran PVA, dan nilai hambatan transfer muatan (R_{ct}) terkecil yaitu 91,33 Ohm pada sampel sukun

dengan PVA. Nilai hambatan elektrolit (R_e) terkecil yaitu 0,41 Ohm pada sampel sukun dengan PVA, sedangkan sukun tanpa PVA memiliki hambatan elektrolit (R_e) terbesar yaitu 143,22 Ohm. Nilai konduktivitas transfer muatan tertinggi yaitu $5,90 \times 10^{-4}$ S/cm pada sampel sukun dengan campuran PVA, dan nilai konduktivitas transfer muatan terkecil yaitu $9,44 \times 10^{-5}$ S/cm dihasilkan sampel markisa dengan campuran PVA. Nilai konduktivitas elektrolit tertinggi yaitu $1,65 \times 10^{-1}$ S/cm dihasilkan oleh sampel sukun dengan campuran PVA, dan nilai konduktivitas elektrolit terkecil yaitu $5,37 \times 10^{-4}$ S/cm pada sampel sukun tanpa campuran PVA.

4.1.5 Uji Menggunakan CV (*Cyclic Voltametry*)

Pengujian dilakukan menggunakan alat *Cyclic Voltametry* (CS310) di Laboratorium Korosi Fakultas Teknik Metalurgi ITS Surabaya. Uji CV dilakukan untuk mengetahui proses interkalasi dan deinterkalasi ion pada baterai melalui grafik reduksi dan oksidasi. Grafik diperoleh dari kurva hubungan antara tegangan (V) sebagai input dengan output berupa arus (I). Pengukuran dilakukan dengan dua variasi sampel yaitu dengan campuran PVA dan tanpa campuran PVA. Data yang dihasilkan berupa grafik siklik voltametri yang ditampilkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Voltametri Siklik (a) Sampel dengan PVA, (b) Sampel tanpa PVA

Gambar 4.5 menunjukkan grafik yang dihasilkan terdapat puncak kearah atas yang disebut proses oksidasi atau disebut puncak anodik. Peningkatan puncak oksidasi menandakan adanya peningkatan kecepatan proses interkalasi dan deinterkalasi baterai. Gambar 4.5 (a) menunjukkan puncak tertinggi dihasilkan sampel sukun dengan nilai I_{pc} 0,133 mA, dan nilai puncak terkecil terdapat pada

sampel pisang dengan nilai I_{pc} 0,001 mA. Gambar 4.5 (b) menunjukkan puncak tertinggi pada sampel pisang dengan nilai I_{pc} 0,109 mA, dan puncak terkecil dihasilkan sampel markisa dengan nilai I_{pc} 0,069 mA. Sampel sukun tidak menghasilkan puncak oksidasi, namun memiliki puncak reduksi dengan nilai I_{pa} 0,005 mA. Dari data tegangan dan arus puncak reaksi redoks dapat dihitung difusi koefisien ion dengan menggunakan persamaan *Randles-Sevcik* (Wang, 2014):

$$I_p = 2,659 \times 10^5 n^{3/2} A C D^{1/2} V^{1/2}$$

$$D = \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2} \quad (4.3)$$

Dimana n adalah banyaknya elektron permolekul, A luas penampang (cm^2), C konsentrasi ion (mol/cm^3), D koefisien difusi ion, V adalah kecepatan scan (v/s), dan I_p adalah arus puncak (A). Hasil perhitungan koefisien difusi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian CV Elektrolit

Sampel	V_{ok} (V)	V_{red} (V)	$V_{ok}-V_{red}$ (V)	I_p (mA)	V_{kerja} (V)	D (cm^2/S)
Sukun – PVA	0,190	-	0,190	0,133	0,095	$1,48 \times 10^{-4}$
Sukun	-	0,442	0,442	0,005	0,221	$2,07 \times 10^{-7}$
Markisa – PVA	0,201	-	0,201	0,017	0,100	$2,43 \times 10^{-4}$
Markisa	0,326	-	0,326	0,069	0,183	$4,04 \times 10^{-3}$
Pisang – PVA	0,104	-	0,104	0,001	0,062	$8,37 \times 10^{-7}$
Pisang	0,936	-	0,936	0,109	0,468	$9,99 \times 10^{-3}$

Hasil analisis data CV yang ditunjukkan pada tabel 4.4.. Sampel markisa dan pisang mengalami kenaikan nilai $V_{oks}-V_{red}$ saat dicampur dengan PVA, sedangkan sampel sukun mengalami penurunan selisih. Sampel pisang memiliki nilai selisih antara V_{oks} dan V_{red} yang lebih kecil dibandingkan dengan semua

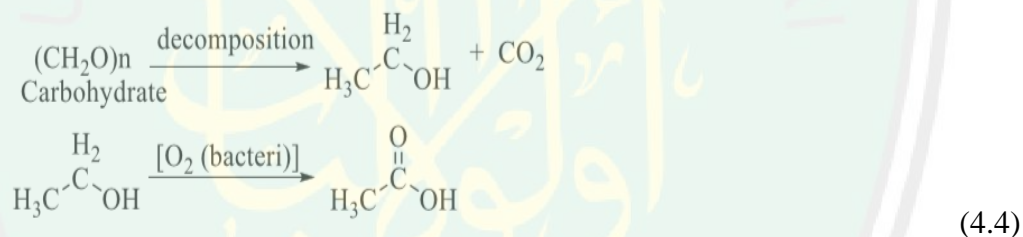
sampel yaitu, 0,104 Volt. Selisih antara V_{ok} dan V_{red} (jarak) yang semakin kecil menunjukkan bahwa proses interkalasi dan deinterkalasi yang terjadi pada baterai semakin cepat. Nilai tegangan kerja tertinggi untuk sampel dengan campuran PVA pada sampel markisa yaitu 0,100 V, dan tegangan kerja terkecil dihasilkan sampel pisang yaitu 0,062 V. Sedangkan untuk sampel tanpa campuran PVA, nilai tegangan kerja tertinggi dihasilkan sampel pisang yaitu 0,468 V, dan nilai tegangan kerja terkecil pada sampel pisang dengan PVA yaitu 0,095 V. Dari perhitungan nilai koefisien difusi diperoleh nilai terbesar pada sampel kulit pisang tanpa PVA dengan nilai konduktivitas difusi sebesar $9,9 \times 10^{-3} \text{ cm/S}^2$ dan nilai terkecil $2,07 \times 10^{-7} \text{ cm/S}^2$ pada sampel kulit sukun tanpa PVA. Tegangan kerja yang kecil akan menyebabkan elektron lebih mudah berpindah dari katoda ke anoda. Elektron pada anoda akan menarik ion dari elektrolit. Semakin banyak elektron yang berpindah maka semakin banyak ion yang berinterkalasi.

4.2 Pembahasan

Kulit pisang mengandung air 68,9 g, karbohidrat 18,5 g, kalsium 715 mg, fosfor 117 mg, besi 1,6 mg (Suprapti, 2005). Selain itu kulit pisang juga mengandung glukosa yang berasal dari karbohidrat, kalium, klorida dan asam asetat (Muhlisin, M, 2015). Kulit sukun mengandung kalsium, fosfor, niasin, riblovafin, karbohidrat, kalium, natrium, besi (Mustafa, 1998). Kulit sukun juga mengandung asam askorbat, mangan dan magnesium (Graham dan Bravo, 1981). Pada kulit markisa mengandung karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, sulfur, dan fosfor (Anggrodi, 1994). Unsur kimia dan senyawa kimia tersebut berperan

sebagai zat elektrolit. Zat elektrolit adalah suatu zat yang larut dan terurai menjadi ion-ion dan larutan menjadi konduktor elektrik. Ketika elektrolit dilarutkan dalam air dengan menggunakan dua elektroda yang berbeda akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik.

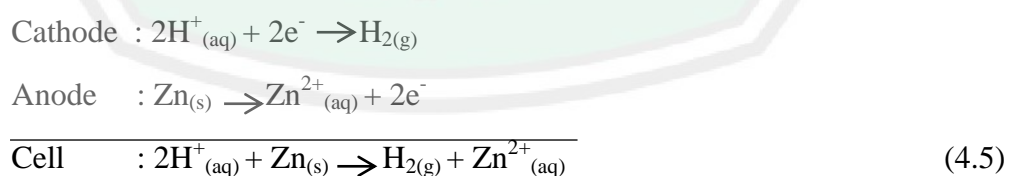
Buah difermentasi menghasilkan asam basa yang akan meningkatkan ion pada elektrolit. Meningkatnya ion pada elektrolit dipengaruhi oleh besar pH yang dihasilkan. Proses meningkatnya ion pada elektrolit dapat dijelaskan dengan pembentukan asam asetat (CH_3COOH) melalui oksidasi alkohol yang dibentuk oleh penguraian komponen karbohidrat dalam buah (Igharo, 2012). Reaksi proses fermentasi karbohidrat dan oksidasi alkohol ditunjukkan pada reaksi 4.4 :



Penurunan pH selama fermentasi kemungkinan terbentuk melalui oksidasi lebih lanjut dari alkohol menjadi asam karboksilat. Menurut reaksi 4.4, komponen karbohidrat terurai menjadi alkohol (etanol) dan gas karbondioksida (CO_2). Selanjutnya, alkohol primer dioksidasi menjadi asam karboksilat dan asam asetat (CH_3COOH). Oleh karena itu, buah yang difermentasi menghasilkan ion H^+ dengan jumlah lebih banyak dibandingkan buah yang tidak difermentasi. Jika perubahan pH selama waktu fermentasi menghasilkan pH lebih tinggi, kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu, oksigen, substrat, dan

mikroba (Xiao, 2017). Ditinjau dari hasil pengukuran pH pada tabel 4.1, kulit sukun menghasilkan pH semakin kecil selama proses fermentasi dan kulit pisang menghasilkan pH semakin besar selama proses fermentasi. Kulit sukun bersifat asam karena pH yang dihasilkan kecil, sedangkan kulit pisang bersifat basa karena pH yang dihasilkan besar. Pisang memiliki pH besar karena mengandung asam sitrat yang sedikit, sehingga semakin lama disimpan semakin besar pH yang dihasilkan. Hal ini berhubungan dengan terjadinya penurunan kadar asam total yang disebabkan karena tumbuhnya kapang dan khamir dimana dapat merusak kandungan asam pada pisang dan memproduksi polialkohol melalui fermentasi, sehingga menyebabkan pH tinggi (Lestari, 2006). Sedangkan pada kulit sukun kandungan asam sitrat dan asam asetat lebih banyak, sehingga menghasilkan pH semakin kecil selama waktu fermentasi.

Tegangan yang dihasilkan kemungkinan besar disebabkan oleh reaksi redoks antara ion H^+ dengan logam Zn. Pasta buah serta elektrolit juga berfungsi sebagai zat yang berkurang. Sedangkan katoda menjadi elektroda yang berfungsi sebagai elektroda pendukung. Reaksi redoks yang terjadi pada Cu-Zn pada sistem baterai ditunjukkan pada reaksi 4.5:



Reaksi 4.5 menggambarkan reaksi yang terjadi pada sistem baterai menggunakan pasta buah. Berdasarkan reaksi yang terjadi bahwa jumlah Zn yang

bereaksi tergantung pada jumlah H^+ . Menurut hukum Nernst bahwa sel konstanta kesetimbangan reaksi adalah fungsi dari $[1/H^+]$, dengan asumsi bahwa $[Zn]$ konstan, sehingga jika pH semakin tinggi maka nilai tegangan akan menurun (Addo *et al.*, 2011).

Sampel pisang menghasilkan arus semakin kecil dan tegangan semakin besar, sehingga hambatan yang dihasilkan besar. Sedangkan pada sampel sukun semakin besar arus yang dihasilkan, maka semakin kecil nilai hambatannya. Hal ini dipengaruhi oleh pH yang dihasilkan oleh sampel selama proses fermentasi. Jika pH yang dihasilkan kecil dan bersifat asam, maka tegangan dan arus yang dihasilkan besar dan jika pH yang dihasilkan besar dan bersifat basa, maka arus dan tegangan yang dihasilkan kecil. Semakin besar hambatan yang dihasilkan, semakin besar nilai tegangan dan semakin kecil nilai arus yang dihasilkan.

Nilai konduktivitas dipengaruhi oleh pH, dimana semakin kecil pH suatu larutan maka nilai konduktivitas yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena pasta buah difermentasi semakin lama akan menjadi asam dan menghasilkan ion H^+ semakin banyak, jika semakin lama proses fermentasi pasta baterai menjadi basa maka nilai H^+ yang dihasilkan sedikit dan ion OH^- semakin banyak menyebabkan konduktivitas yang dihasilkan semakin kecil. Dari hasil hubungan pH dengan konduktivitas membuktikan pada kulit sukun nilai konduktivitas $1,66 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$. Sedangkan pada kulit pisang nilai konduktivitas kulit pisang adalah $1,48 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$.

Selain ion H^+ , senyawa ion yang terkandung dalam buah berpengaruh dalam menghantarkan arus listrik. Senyawa ion-ion ketika dalam larutan akan

bergerak bebas sehingga menghasilkan arus listrik. Senyawa ion tersusun dari ion bermuatan positif (kation) dan ion bermuatan negatif (anion). Ion bermuatan positif (kation) seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Fe^+ , dan ion lainnya. Sedangkan ion bermuatan negatif (anion) seperti Cl^- , F^- . Senyawa ion yang mengandung ion hidrogen (H^+) diklarifikasi sebagai asam, sedangkan yang mengandung ion hidroksida (OH^-) atau oksida (O^{2-}) diklarifikasi sebagai basa (Atian, 2015).

Pengaruh pH terhadap potensial listrik oleh kandungan ion dalam pasta buah sebagai elektrolit dapat dihitung dengan menggunakan rumus Nernst (Arifa, 2016):

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{sel}}^0 - \frac{RT}{nF} \log [H^+] \quad (4.6)$$

Dimana E^0 adalah potensial dasar untuk setiap elektrolit yang digunakan, R tetapan gas, T suhu mutlak (Kelvin), F bilangan Faraday (96854 coulomb/mol), dan n jumlah elektron yang terlibat dalam proses tersebut. Untuk $n = 1$, maka faktor $RT/nF = 0,591$ (25°C). pH merupakan fungsi logaritma negatif dari konsentrasi ion H^+ dalam bahan dan dirumuskan sebagai berikut (Purba, 2004):

$$\text{pH} = -\log [H^+] \quad (4.7)$$

Dengan analogi yang sama untuk menentukan harga konsentrasi ion OH^- dalam bahan dapat digunakan rumus :

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \text{ atau } \text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] \quad (4.8)$$

Analisis data EIS menunjukkan bahwa gel elektrolit dari sukun tanpa PVA memiliki konduktivitas transfer muatan lebih besar daripada sampel lainnya yaitu $5 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$. Selain itu, sampel sukun tanpa PVA juga memiliki nilai konduktivitas elektrolit yang besar dibandingkan dengan sampel lainnya yaitu $1,65 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$.

Nilai konduktivitas transfer muatan dipengaruhi oleh kecepatan muatan didalam elektrolit untuk melewati elektroda, sedangkan nilai konduktivitas elektrolit dipengaruhi oleh kecepatan elektrolit dalam menembus elektroda. Besarnya nilai konduktivitas transfer muatan dan konduktivitas elektrolit juga dipengaruhi oleh pH yang dihasilkan oleh pasta buah selama proses fermentasi.

Hasil CV menunjukkan proses interkalasi dan deinterkalasi pada sampel dilihat dari tinggi puncak yang dihasilkan. Semakin tinggi puncak, maka semakin cepat proses interkalasi dan deinterkalasi yang terjadi. Ion yang berinteraksi dengan anoda akan menghasilkan muatan yang bergerak ke katoda sehingga menghasilkan arus. Proses interkalasi dan deinterkalasi ion bergerak semakin cepat disebabkan oleh banyaknya arus yang dihasilkan. Besar kecilnya difusi ion dipengaruhi oleh arus puncak (I_p), banyaknya arus yang mengalir pada baterai, dan konsentrasi ion (C) yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena sampel memiliki nilai pH dan kandungan unsur yang tidak sama, sehingga konsentrasi ion H^+ yang dihasilkan cenderung berbeda. Tingginya nilai I_p mempengaruhi cepat lambat interkalasi dan deinterkalasi pada baterai. Pada sampel sukun dengan campuran PVA memiliki nilai I_p tinggi yaitu 0,133 Ohm, namun nilai difusinya kecil dibandingkan dengan nilai difusi yang dihasilkan oleh sampel pisang tanpa campuran PVA yaitu $9,95 \times 10^{-3}$. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari konsentrasi ion H^+ . Nilai difusi berbanding terbalik dengan konsentrasi ion.

Perbandingan antara pengujian menggunakan multimeter dan menggunakan menggunakan EIS, dimana nilai pada multimeter dengan sampel tanpa PVA lebih besar dibandingkan dengan menggunakan EIS. Pada sampel

dengan PVA nilai multimeter lebih besar dibandingkan menggunakan EIS, kecuali pada sampel markisa. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya suhu dan konsentrasi larutan.

Semua ciptaan Allah tidak ada yang sia-sia didunia ini. Sebagai saintis muslim diharuskan untuk mengkaji dan mengeksplorasi ciptaan-Nya agar dapat dimanfaatkan bagi umat yang lain. Sebagaimana firman Allah dalam QS. Shaad 38: 27.

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَٰلِكَ ظَنَّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ..{27}

“Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”(Qs. As Shaad (38) : 27).

Menurut Al-jazairi (2009), Allah membantah sangkaan kaum musyrikin, yaitu penciptaan alam semesta tidak ada hikmahnya. Hikmah penciptaan alam semesta ini adalah supaya manusia beribadah kepada Allah dengan cara mengingat-Nya dan bersyukur pada-Nya sebagai realisasi dari iman dan taqwa. Salah satu cara bersyukur adalah memanfaatkan ciptaan Allah dengan melakukan riset dan penelitian. Limbah biomassa yang berasal dari buah-buahan seperti buah sukun, buah markisa, dan buah pisang jika diolah dan diolah dapat menghasilkan sesuatu yang memiliki banyak manfaat, misalnya sebagai gel elektrolit baterai. Proses penelitian dan hasilnya dapat memberikan ilmu pengetahuan baru. Selain ayat Al-Quran tuntutan untuk mencari ilmu juga di sebutkan dalam hadits nabi

yang mendorong dan menekankan, bahkan mewajibkan kepada umatnya untuk menuntut ilmu (Alavi, 2003). Sebagaimana Sabda Rasulullah SAW:

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ وَمُسْلِمَةٍ

“Menuntutlah ilmu itu suatu kewajiban kepada setiap muslim.” (HR. Ibnu Majah)

Hadist diatas memberikan dorongan yang sangat kuat bagi kaum muslimin untuk belajar mencari ilmu sebanyak-banyaknya, baik ilmu agama maupun ilmu umum. Rasulullah juga mewajibkan umatnya untuk menuntut ilmu sepanjang hayatnya, tanpa dibatasi usia, ruang, waktu, dan tempat sebagaimana sabdanya *“Tuntutlah ilmudari buayan sampai liang lahat”* dan *“Tuntutlah ilmu sekalipun ke negeri cina”*. Hal menjelaskan bahwa pentingnya ilmu pengetahuan yang dimiliki, sehingga dapat digunakan untuk orang lain dan perkembangan ilmu pengetahuan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu.

1. Waktu fermentasi mempengaruhi nilai pH masing-masing pasta setelah disimpan selama 12 hari. Sampel sukun menghasilkan pH yang semakin kecil, arus yang semakin besar, dan tegangan tertinggi pada fermentasi hari ke 8. Sampel pisang menghasilkan pH semakin tinggi, arus semakin kecil, dan tegangan tertinggi pada hari ke 8. Sampel markisa tidak mengalami perubahan secara signifikan, arus terkecil pada hari ke 8, dan tegangan pada hari ke 8. Pengaruh waktu fermentasi terhadap reaksi redoks uji CV menunjukkan proses interkalasi dan deinterkalasi yang semakin cepat karena puncak oksidasinya semakin tinggi seperti pada sampel sukun dan pisang.
2. Pengaruh PVA terhadap gel elektrolit menghasilkan nilai yang berbeda. Sampel dengan campuran PVA arus tertinggi pada sampel sukun, dan untuk yang paling kecil pada pisang. Tegangan terbesar pada sampel sukun, dan hambatannya pada sampel pisang. Puncak redoks tertinggi pada sampel sukun yang menunjukkan elektrolit sukun berinterkalasi dengan baik dimana puncak oksidasi pada tegangan dan arus 0,190 V dan 0,133 mA. Konduktivitas Transfer muatan dan Konduktivitas elektrolit pada sampel sukun yaitu $5,90 \times 10^{-4}$ S/cm dan $1,65 \times 10^{-1}$ S/cm.

5.2 Saran

Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan penambahan metode yang lain agar diperoleh data yang lebih baik, dan pentingnya untuk melakukan pengujian arus dan tegangan dilakukan secara beulang, sehingga diperoleh nilai arus tegangan yang akurat. Menambahkan metode CD (*Charge Discharge*) agar tahu baterai dari tanaman dapat digunakan secara berkala atau hanya sekali pemakaian.



DAFTAR PUSTAKA

- Addo. *et al.*, 2011. *Towards a rechargeable alcohol biobattery*. Journal of Power Sources, 196(7), 3448–3451.
- Agustina, SE. 2007. *Potensi Limbah Produksi Biofuel Sebagai BahannBakar Alternatif*. Jakarta. Konferensi Nasional.
- Alav, Z. 2003. *Pemikiran Pendidikan Islam pada Abad Klasik dan Pertengahan*. Bandung: Angkasa.
- Al-Jazairi, Abu Bakar Jabir. 2008. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar Jilid 5*. Jakarta: Darus Sunnah Press.
- Al-Jazairi, Abu Bakar Jabir. 2009. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar Jilid 6*. Jakarta: Darrus Sunnah Press.
- Al-Mahalli, Imam J. 2009. *Terjemahan Tafsir Jalalain berikut Asbabun Nuzul Jilid 2*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Al-Mahalli, Imam J. 2010. *Terjemahan Tafsir Jalalain berikut Asbabun Nuzul Jilid 3*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Al-Qur'an dan Terjemahannya. 2009. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Amin, M. N., dan Dey, P.D. 2010. *Electrochemical Analysis of Fruit and Vegetable Freshness*. Caifornia : Universitas Nasional.
- Anggrodi. 1994. *Ilmu Makanan Ternak Umum*. Jakarta: Gramedia.
- Arifah, Azariyah, dkk. 2016. *Analisa Konduktivitas Listrik Satau Bahan (Kapur dan Arang) dengan Four Point Probe (FPP)*. Surabaya: ITS.
- Atina. 2015. *Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah*. Jurnal Sainmatika. Vol.12, No.2: 28-42.
- Balaz, G. B, dkk.1999. *Mediated Electrochemical Oxidation Of Organic Wastes Using a Co (III) Mediator In a Neutral Electrolyte*. Oakland: University of California.
- Bird. T. 1987. *Kimia Fisik Untuk Universitas*. Jakarta: Gramedia.
- Bird. T. 1993. *Kimia Fisika Untuk Universitas. Cetakan ke 2*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama

- Brown, Theodore L. *et al.*. 2015. *Chemistry: The Central Edition (13th edition)*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Burns, D. T, dkk. 1981. *Inorganic Reaction Chemistry, vol 2 Part B: A Source Book*. West Sussex-England: Ellis Harwood Ltd.
- Centipedia. 2018. *Kelisrikan Buah dan Sayur*. <http://www.centipedia.net.com>. Diakses 18 September 2019.
- Chamma, Bukry, 2015. *Perancangan Alat Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA*. Medan : Universitas Sumatra Utara.
- Dauherty, Eric Christian. 2001. *Biomass Energy System Efficiency : Analyzed Through A Life Cycle Assessment*. USA : Lund Universitas.
- Dewanti. 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. Jawa Timur: UPN Veteran
- Dogra, S.K. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-soal*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Eric. 2010. *Kandungan Garam Pada Kentang*. <http://www.miniscience.com>. Diakses 22 Oktober 2019.
- Fadli. M. U., Legowo, B., Purnama, B. 2012. *Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (Ananas Comosus L. Merr)*. Universitas Sebelas Maret. Indonesian Journal of Applied Physics Vol. 2, No 2 Hal (176).
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Bogor : Depdik bud. Dirjen PTPAU Ilmu Hayat. IPB.
- Fardiaz, S . 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaaz, T. S, dkk. 2015. *Properties and Application of Polyvinyl Alcohol, Halloysite Nanotubes and Their Nanocomposite*. Review Jurnal.
- Gedam, S. dkk. 2013. *Development Of Solid Proton Conductors Based On Doped Polyvinyl Alcohol*. India : Departement of Physics RTM Nagpur University.
- Graham, H. D, dan E. N, De Bravo. 1981. *Change In The Starch Fraction During Extruction Coocing of Corn*. J. Food Sci. 48 (2): 378-381.
- Halliday, David, Resnick, Robert. 1993. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hadiwiyoto, S. 1983. *Penanganan dan Pemanfaatan Sampah*. Yayasan Idayu.

- Hidayat, N. M. C, dan S. Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Hiskia. A. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Ilmiah*. Bandung : PT. Citra Aditya Bakti.
- Hiskia. A. 1996. *Kimia Lanjutan*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Igharo, K. O. 2012. *Construction of a primary Dry Cell Battery From Cassava Juice Extracts (The Cassava Battery Cell)*. Journal of Educational and Social Research, 2(8), 18–23.
- Ihham, Muhammad. 2010. *Pemanfaatan Limbah Sayur Pasar Menjadi Energi Terbarukan Teknik Lingkungan*. FTSP : ITS.
- Jauhara, Wira D. 2013. *Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Alternatif Bio-baterai*. Jember: Universitas Jember.
- Jayashantha, K. dkk .2012. *Biodegradable Plantain Pith for Galvanic Cells*. Srilangka: Proceedings of the Technical Sessions(28) :92-99.
- Kumara, J. dkk .2015. *Plantain Pith Battery Powered Lighting System*. Sri Langka : Departement Of Physics Universitas Of Kelaniya.
- Landis, E. H. 1909. *Some of The Laws Concerning Voltaic Cell*. The Journal of The Franklin Institute of The State of Pennsylvania, Vol. CLXVIII, No. 6. Pp. 339-420.
- Lehninger, Albert. 1994. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Erlangga.
- Lestari, R. E. 2006. *Karakteristik Fisik dan pH Selai Raja*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Linden, Davi and Thomas B. 2001. *Handbook Of Batteries 3rd*. New York : The McGraw-Hills Companies Inc.
- Marince, R. 2006. *Karakteristik Fisik dan pH Sari Wortel*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Muhlisin, M . dkk. 2015. *Pemanfaatan Kulit Pisang dan Kulit Durian Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Pasta Batu Baterai*. Bandar Lampung : Jurusan Teknik Elektro Universitar Lampung.
- Munadjim. 1998. *Teknologi Pengolahan Pisang*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Mustafa, A.M. 1998. *Isi Kandungan Artocarpus communis*, Food Science.

- Novak, et al., 1997. *Electrochemically Active Polymers For Rechargeable Batteries*. Chem. Rev. 97,207.
- Nuroniya, Ilma. 2018. *Sintesis dan Karakterisasi $Li_4Ti_5O_{12}$ dengan Metode Sol Gel Sebagai Material Anoda Baterai Ion Lithium*. Skripsi. Jakarta: UIN Jakarta.
- Pruthi, J. S. 1959. *Physiology, chemistry, and technology of passion fruit*. Adv. Food Res. 12: 203-206.
- Purba, M. 2004. *Kimia SMA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Rochmah, S. N, dkk. 2009. *Biologi: SMA dan MA kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Saeni, M.S.1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Siddiqui, Urba. Z dan Patrikhar, Anand. K. 2013. *The Future Of Energy Bio Battery*. IJRET. Vol, 2(11) : 2319-1163.
- Simanjuntak, Jihar Maurits. 2008. (Tesis): *Studi Film Polyvinyl Alkohol (PVA) Dimodifikasi dengan Arcylamide (AAM) sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembapan*. Depok : Universitas Indonesia.
- Soedjojo, P. 1998. *Azas-Azas Ilmu Fisika Jilid 2 Listrik-Magnet*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Subhan, Achmad. 2011. *Fabrikasi dan Karakterisasi $Li_4Ti_5O_{12}$ untuk Bahan Anoda Baterai Lithium Keramik*. Thesis. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Suciyati, W, S, Asmarani, S, dan Supriyanto. A . 2019. *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk Sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Vol. 7, No.1.
- Sudarmadji, Slamet, dan Bambang, Suhardi. 2010. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sugiarto, B. 2004. *Ikatan Kimia*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Suprapti, Lies. 2015. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Substituen Tepung Terigu dalam Pembuatan Mie*. <http://www.scribd.com>. Diakses Tanggal 21 Oktober 2019.

Tangdilintin, dkk. 1994. *Pemanfaatan kulit buah markisa (Passiflora edulis Sims) sebagai pakan pengganti hijauan untuk ruminansia kecil*. Ujung Pandang: OPF, Universitas Hasanuddin.

Wang, J. 2000. *Analytical Electrochemistry*, 2nd Ed. New York: Wiley-VCH.

Wang, J. 2014. *Analytical Electrochemistry, Second no. 1*. New York: Wiley VCH.

Xiao, *et al.*, 2017. *An oxygen-independent and membrane-less glucose biobattery/supercapacitor hybrid device*. *Biosensors and Bioelectronics*, 98, 421–427.

Yokoyama, Shinya. 2008. *Panduan Untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa*. Jepang : Japan Institute Of Energi.



LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN HAMBATAN DAN KONDUKTIVITAS

a. Perhitungan pada hari ke 4 waktu fermentasi

1. Sukun tanpa PVA

Diket: $V = 1 \text{ V}$

$I = 0,001 \text{ A}$

$A = 13$

$l = 1$

Tanya: $R = ?$

$\sigma = ?$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{1}{0,001}$
 $= 1000 \Omega$

$\rho = \frac{VA}{IL}$
 $= \frac{1(13)}{(0,001)(1)}$
 $= 13000$

$\sigma = \frac{1}{\rho}$
 $= \frac{1}{13000}$
 $= 7,72 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$

2. Markisa tanpa PVA

Diket: $V = 0,79 \text{ V}$

$I = 0,0019 \text{ A}$

$A = 13$

$l = 1$

Tanya: $R = ?$

$\sigma = ?$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,79}{0,0019}$
 $= 415,7 \Omega$

$\rho = \frac{VA}{IL}$
 $= \frac{0,79(13)}{(0,0019)(1)}$
 $= 5405,2$

$\sigma = \frac{1}{\rho}$
 $= \frac{1}{5405,2}$
 $= 1,85 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$

3. Pisang tanpa PVA

Diket: $V = 0,82 \text{ V}$

$I = 0,0023 \text{ A}$

$A = 13$

$l = 1$

Tanya: $R = ?$

$\sigma = ?$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,82}{0,0023}$

1. Sukun dengan PVA

Diket: $V = 0,95 \text{ V}$

$I = 0,001 \text{ A}$

$A = 13$

$l = 1$

Tanya: $R = ?$

$\sigma = ?$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,95}{0,001}$
 $= 950 \Omega$

$\rho = \frac{VA}{IL}$
 $= \frac{0,95(13)}{(0,001)(1)}$
 $= 12350$

$\sigma = \frac{1}{\rho}$
 $= \frac{1}{12350}$
 $= 8,09 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$

2. Markisa dengan PVA

Diket: $V = 0,79 \text{ V}$

$I = 0,0026 \text{ A}$

$A = 13$

$l = 1$

Tanya: $R = ?$

$\sigma = ?$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,79}{0,0026}$
 $= 303,8 \Omega$

$\rho = \frac{VA}{IL}$
 $= \frac{0,79(13)}{(0,0026)(1)}$
 $= 3950$

$\sigma = \frac{1}{\rho}$
 $= \frac{1}{3950}$
 $= 2,53 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$

3. Pisang dengan PVA

Diket: $V = 0,94 \text{ V}$

$I = 0,00061 \text{ A}$

$A = 13$

$l = 1$

Tanya: $R = ?$

$\sigma = ?$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,94}{0,00094}$

$$\begin{aligned}
 &= 356 \, \Omega \\
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,82(13)}{(0,0023)(1)} \\
 &= 4634,7 \\
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{4634,7} \\
 &= 2,15 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1540,9 \, \Omega \\
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,94(13)}{(0,0061)(1)} \\
 &= 20032,7 \\
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{20032,7} \\
 &= 4,99 \times 10^{-5} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Hambatan dan Konduktivitas pada hari ke 8 waktu fermentasi

1. Sukun tanpa PVA

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } V &= 1,06 \text{ V} \\
 I &= 0,0016 \text{ A} \\
 A &= 13 \\
 l &= 1
 \end{aligned}$$

Tanya: R = ?

$$\sigma = ?$$

$$\text{Jawab: } R = \frac{V}{I}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,06}{0,0016} \\
 &= 662,5 \, \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{1,06(13)}{(0,0016)(1)} \\
 &= 8612,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{8612,5} \\
 &= 1,16 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

1. Sukun dengan PVA

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } V &= 0,87 \text{ V} \\
 I &= 0,0016 \text{ A} \\
 A &= 13 \\
 l &= 1
 \end{aligned}$$

Tanya: R = ?

$$\sigma = ?$$

$$\text{Jawab: } R = \frac{V}{I}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,87}{0,0016} \\
 &= 543,7 \, \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,87(13)}{(0,0016)(1)} \\
 &= 7068,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{7068,7} \\
 &= 1,41 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

2. Markisa tanpa PVA

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } V &= 0,59 \text{ V} \\
 I &= 0,00004 \text{ A} \\
 A &= 13 \\
 l &= 1
 \end{aligned}$$

Tanya: R = ?

$$\sigma = ?$$

$$\text{Jawab: } R = \frac{V}{I}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,59}{0,00004} \\
 &= 14750 \, \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,59(13)}{(0,00004)(1)} \\
 &= 191750
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{191750}
 \end{aligned}$$

2. Markisa dengan PVA

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } V &= 0,99 \text{ V} \\
 I &= 0,0014 \text{ A} \\
 A &= 13 \\
 l &= 1
 \end{aligned}$$

Tanya: R = ?

$$\sigma = ?$$

$$\text{Jawab: } R = \frac{V}{I}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,99}{0,0014} \\
 &= 707,1 \, \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,99(13)}{(0,0014)(1)} \\
 &= 9192,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{9192,8}
 \end{aligned}$$

$$= 5,21 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$$

3. Pisang tanpa PVA

Diket: $V = 0,89 \text{ V}$
 $I = 0,0014 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,89}{0,0014}$
 $= 635,7 \Omega$

$$\rho = \frac{VA}{Il}$$

$$= \frac{0,89(13)}{(0,0014)(1)}$$

$$= 8264$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{8264}$$

$$= 1,21 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

$$= 1,08 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

3 Pisang dengan PVA

Diket: $V = 0,74 \text{ V}$
 $I = 0,0012 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,74}{0,0012}$
 $= 616,6 \Omega$

$$\rho = \frac{VA}{Il}$$

$$= \frac{0,74(13)}{(0,0012)(1)}$$

$$= 8016,6$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{8016,6}$$

$$= 1,24 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

c. Perhitungan Hambatan dan Konduktivitas pada hari ke 12 waktu fermentas

1 Sukun tanpa PVA

Diket: $V = 1,02 \text{ V}$
 $I = 0,0017 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{1,02}{0,0017}$
 $= 600 \Omega$

$$\rho = \frac{VA}{Il}$$

$$= \frac{1,02(13)}{(0,0017)(1)}$$

$$= 7800$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{7800}$$

$$= 1,28 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

1. Sukun dengan PVA

Diket: $V = 1,09 \text{ V}$
 $I = 0,0017 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{1,09}{0,0017}$
 $= 641,1 \Omega$

$$\rho = \frac{VA}{Il}$$

$$= \frac{1,09(13)}{(0,0017)(1)}$$

$$= 8335,2$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{8335,2}$$

$$= 1,29 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

2 Markisa tanpa PVA

Diket: $V = 0,79 \text{ V}$
 $I = 0,0013 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$

2 Markisa dengan PVA

Diket: $V = 0,50 \text{ V}$
 $I = 0,0012 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,79}{0,0013} \\
 &= 607,6 \Omega \\
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,79 (13)}{(0,0013)(1)} \\
 &= 7900
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{7900} \\
 &= 1,26 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

3 Pisang tanpa PVA

Diket: $V = 0,81 \text{ V}$
 $I = 0,0012 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,81}{0,0012}$
 $= 675 \Omega$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,81 (13)}{(0,0012)(1)} \\
 &= 8775
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{8775} \\
 &= 1,13 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,50}{0,0012} \\
 &= 416,6 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,79 (13)}{(0,0012)(1)} \\
 &= 5416,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{5416,6} \\
 &= 1,84 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

3 Pisang dengan PVA

Diket: $V = 0,75 \text{ V}$
 $I = 0,0012 \text{ A}$
 $A = 13$
 $l = 1$

Tanya: $R = ?$

$$\sigma = ?$$

Jawab: $R = \frac{V}{I}$
 $= \frac{0,75}{0,0012}$
 $= 625 \Omega$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{VA}{IL} \\
 &= \frac{0,75 (13)}{(0,0012)(1)} \\
 &= 8125
 \end{aligned}$$

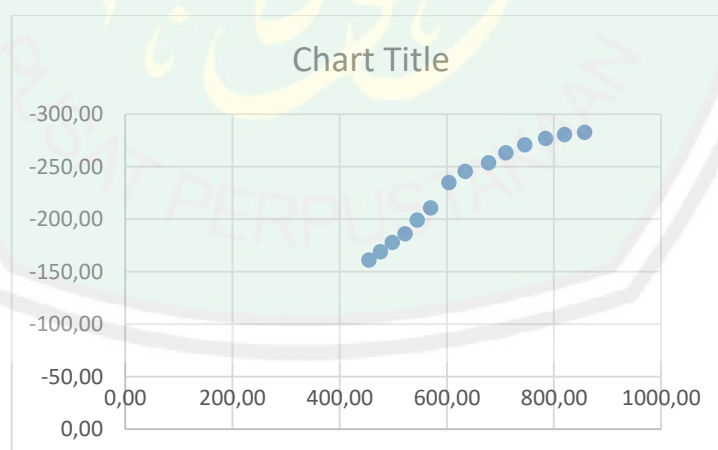
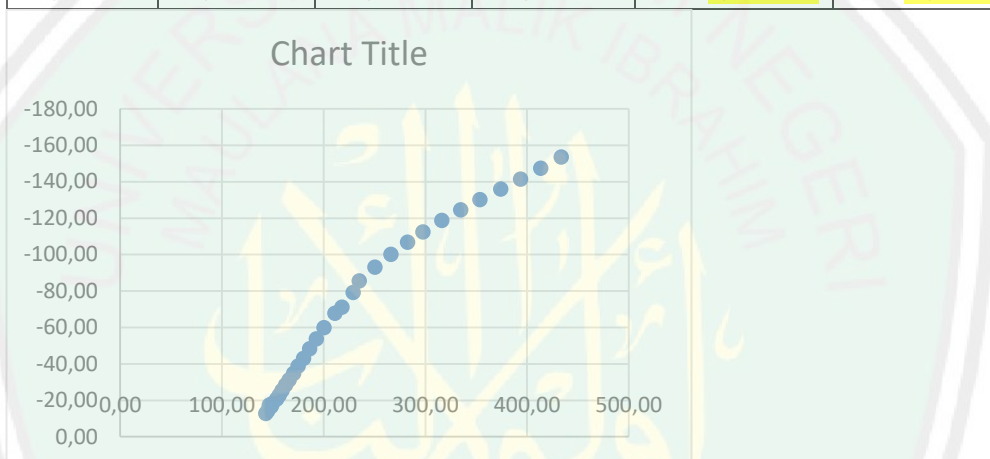
$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{\rho} \\
 &= \frac{1}{8125} \\
 &= 1,23 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2 DATA DAN PERHITUNGAN EIS

1. Sukun tanpa PVA

Freq (Hz)	Ampl(mV)	Bias(V)	Time(Sec)	Z'(Ohm.cm ²)	Z''(Ohm.cm ²)
1,06E+05	1,00E+01	-2,45E-02	3,12E-02	1,18E+02	-3,40E+01
8,13E+04	1,00E+01	-2,45E-02	8,89E-01	1,22E+02	-2,73E+01
6,28E+04	1,00E+01	-2,45E-02	1,73E+00	1,25E+02	-2,44E+01
5,32E+04	1,00E+01	-2,45E-02	3,14E+00	1,26E+02	-2,13E+01
4,07E+04	1,00E+01	-2,45E-02	3,98E+00	1,29E+02	-1,84E+01
3,14E+04	1,00E+01	-2,45E-02	4,87E+00	1,30E+02	-1,64E+01
2,47E+04	1,00E+01	-2,45E-02	5,68E+00	1,30E+02	-1,47E+01
1,97E+04	1,00E+01	-2,45E-02	6,69E+00	1,33E+02	-1,48E+01
1,57E+04	1,00E+01	-2,45E-02	7,58E+00	1,34E+02	-1,33E+01
1,23E+04	1,00E+01	-2,45E-02	8,39E+00	1,36E+02	-1,20E+01
1,02E+04	1,00E+01	-2,45E-02	9,83E+00	1,36E+02	-1,19E+01
7,85E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,07E+01	1,38E+02	-1,20E+01
6,17E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,16E+01	1,40E+02	-1,29E+01
4,80E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,24E+01	1,41E+02	-1,22E+01
3,84E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,34E+01	1,44E+02	-1,21E+01
3,03E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,42E+01	1,43E+02	-1,26E+01
2,37E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,52E+01	1,45E+02	-1,40E+01
1,88E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,59E+01	1,47E+02	-1,72E+01
1,49E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,68E+01	1,49E+02	-1,66E+01
1,18E+03	1,00E+01	-2,45E-02	1,77E+01	1,50E+02	-1,80E+01
9,39E+02	1,00E+01	-2,45E-02	2,26E+01	1,54E+02	-2,05E+01
7,45E+02	1,00E+01	-2,45E-02	2,40E+01	1,56E+02	-2,26E+01
5,84E+02	1,00E+01	-2,45E-02	2,53E+01	1,59E+02	-2,53E+01
4,60E+02	1,00E+01	-2,45E-02	2,66E+01	1,63E+02	-2,82E+01
3,66E+02	1,00E+01	-2,45E-02	2,89E+01	1,66E+02	-3,11E+01
2,88E+02	1,00E+01	-2,45E-02	3,14E+01	1,71E+02	-3,46E+01
2,27E+02	1,00E+01	-2,45E-02	3,43E+01	1,75E+02	-3,86E+01
1,80E+02	1,00E+01	-2,45E-02	3,75E+01	1,80E+02	-4,29E+01
1,42E+02	1,00E+01	-2,45E-02	4,33E+01	1,86E+02	-4,81E+01
1,13E+02	1,00E+01	-2,45E-02	4,73E+01	1,93E+02	-5,36E+01
9,00E+01	1,00E+01	-2,45E-02	5,26E+01	2,01E+02	-5,98E+01
7,11E+01	1,00E+01	-2,45E-02	5,76E+01	2,11E+02	-6,76E+01
5,63E+01	1,00E+01	-2,45E-02	6,30E+01	2,18E+02	-7,10E+01
4,43E+01	1,00E+01	-2,45E-02	6,65E+01	2,29E+02	-7,90E+01
3,51E+01	1,00E+01	-2,45E-02	7,01E+01	2,35E+02	-8,55E+01
2,77E+01	1,00E+01	-2,45E-02	7,41E+01	2,51E+02	-9,30E+01
2,19E+01	1,00E+01	-2,45E-02	7,79E+01	2,66E+02	-1,00E+02
1,73E+01	1,00E+01	-2,45E-02	8,14E+01	2,83E+02	-1,07E+02
1,41E+01	1,00E+01	-2,45E-02	8,65E+01	2,98E+02	-1,12E+02
1,10E+01	1,00E+01	-2,45E-02	8,96E+01	3,16E+02	-1,19E+02
8,65E+00	1,00E+01	-2,45E-02	9,38E+01	3,35E+02	-1,24E+02
6,82E+00	1,00E+01	-2,45E-02	9,62E+01	3,54E+02	-1,30E+02
5,36E+00	1,00E+01	-2,45E-02	9,92E+01	3,74E+02	-1,36E+02

4,25E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,03E+02	3,94E+02	-1,41E+02
3,36E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,07E+02	4,14E+02	-1,47E+02
2,66E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,11E+02	4,34E+02	-1,53E+02
2,10E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,15E+02	4,55E+02	-1,61E+02
1,67E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,21E+02	4,76E+02	-1,69E+02
1,32E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,25E+02	4,98E+02	-1,78E+02
1,04E+00	1,00E+01	-2,45E-02	1,30E+02	5,22E+02	-1,86E+02
8,27E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,36E+02	5,45E+02	-1,99E+02
6,54E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,41E+02	5,70E+02	-2,11E+02
5,16E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,46E+02	6,04E+02	-2,35E+02
4,08E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,52E+02	6,34E+02	-2,45E+02
3,23E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,59E+02	6,78E+02	-2,54E+02
2,56E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,68E+02	7,10E+02	-2,63E+02
2,03E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,79E+02	7,46E+02	-2,71E+02
1,60E-01	1,00E+01	-2,45E-02	1,92E+02	7,84E+02	-2,77E+02
1,27E-01	1,00E+01	-2,45E-02	2,09E+02	8,20E+02	-2,80E+02
1,00E-01	1,00E+01	-2,45E-02	2,29E+02	8,57E+02	-2,83E+02



Perhitungan:

Diket =

$R_e = 143,22 \text{ ohm}$

$R_{ct} = 413,34 \text{ ohm}$

$A = 13 \text{ cm}^2$

$$l = 0,7 \text{ cm}$$

$$l_{el} = 1 \text{ cm}$$

Ditanya = a. $\sigma_e = ?$

b. $\sigma_{ct} = ?$

Jawab = a. Konduktivitas Elektrolit

$$\begin{aligned} \rho_e &= \frac{R_e A}{l} \\ &= \frac{(143,22)(13)}{1} \\ &= 1861,86 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{1}{\rho_e} \\ &= \frac{1}{1861,86} \\ &= 5,37 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

b. Konduktivitas Transfer Muatan

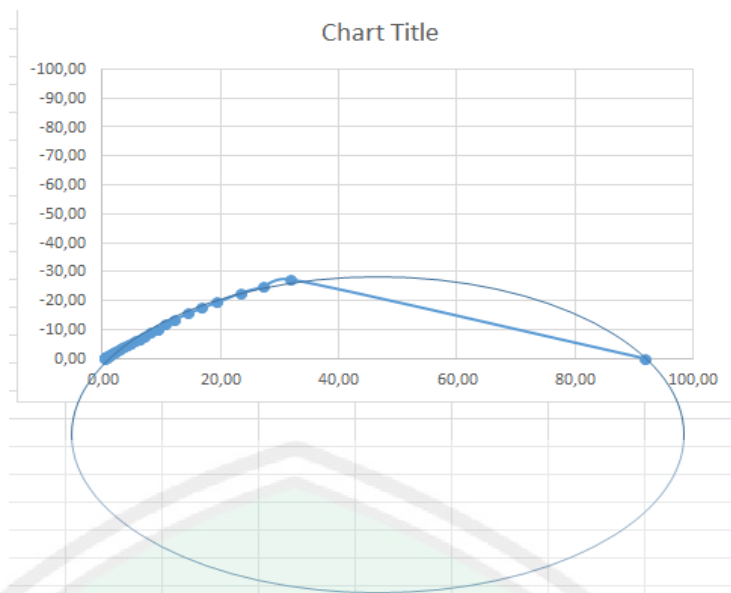
$$\begin{aligned} \rho_{ct} &= \frac{R_{ct} A}{l} \\ &= \frac{(413,34)(13)}{0,7} \\ &= 7676,31 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{ct} &= \frac{1}{\rho_{ct}} \\ &= \frac{1}{7676,31} \\ &= 1,30 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

2. Sukun dengan campuran PVA

Freq (Hz)	Ampl(mV)	Bias(V)	Time(Sec)	Z'(Ohm.cm ²)	Z''(Ohm.cm ²)
1,06E+05	1,00E+01	-3,22E-02	3,12E-02	1,58E+00	2,74E+00
8,13E+04	1,00E+01	-3,22E-02	9,05E-01	1,32E+00	2,35E+00
6,28E+04	1,00E+01	-3,22E-02	1,73E+00	8,89E-01	1,95E+00
5,32E+04	1,00E+01	-3,22E-02	3,14E+00	7,92E-01	1,60E+00
4,07E+04	1,00E+01	-3,22E-02	3,98E+00	7,28E-01	1,30E+00
3,14E+04	1,00E+01	-3,22E-02	4,85E+00	6,37E-01	1,03E+00
2,47E+04	1,00E+01	-3,22E-02	5,63E+00	6,05E-01	7,90E-01
1,97E+04	1,00E+01	-3,22E-02	6,65E+00	5,19E-01	6,62E-01
1,57E+04	1,00E+01	-3,22E-02	7,53E+00	5,20E-01	5,12E-01
1,23E+04	1,00E+01	-3,22E-02	8,35E+00	4,98E-01	3,96E-01
1,02E+04	1,00E+01	-3,22E-02	9,77E+00	4,79E-01	3,11E-01
7,85E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,07E+01	4,75E-01	2,64E-01
6,17E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,15E+01	4,75E-01	1,95E-01
4,80E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,23E+01	4,62E-01	1,45E-01
3,84E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,44E+01	4,69E-01	9,47E-02
3,03E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,53E+01	4,69E-01	6,81E-02
2,37E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,62E+01	4,65E-01	3,63E-02
1,88E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,70E+01	4,62E-01	1,01E-02
1,49E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,78E+01	4,66E-01	-1,55E-02
1,18E+03	1,00E+01	-3,22E-02	1,88E+01	4,68E-01	-4,25E-02
9,39E+02	1,00E+01	-3,22E-02	2,36E+01	4,74E-01	-6,94E-02
7,45E+02	1,00E+01	-3,22E-02	2,51E+01	4,81E-01	-9,94E-02

5,84E+02	1,00E+01	-3,22E-02	2,64E+01	4,91E-01	-1,33E-01
4,60E+02	1,00E+01	-3,22E-02	2,77E+01	5,06E-01	-1,71E-01
3,66E+02	1,00E+01	-3,22E-02	3,00E+01	5,22E-01	-2,10E-01
2,88E+02	1,00E+01	-3,22E-02	3,26E+01	5,45E-01	-2,56E-01
2,27E+02	1,00E+01	-3,22E-02	3,54E+01	5,74E-01	-3,07E-01
1,80E+02	1,00E+01	-3,22E-02	3,86E+01	6,07E-01	-3,65E-01
1,42E+02	1,00E+01	-3,22E-02	4,23E+01	6,50E-01	-4,31E-01
1,13E+02	1,00E+01	-3,22E-02	4,63E+01	7,00E-01	-5,07E-01
9,00E+01	1,00E+01	-3,22E-02	5,17E+01	7,58E-01	-5,92E-01
7,11E+01	1,00E+01	-3,22E-02	5,66E+01	8,35E-01	-7,00E-01
5,63E+01	1,00E+01	-3,22E-02	6,20E+01	9,16E-01	-7,96E-01
4,43E+01	1,00E+01	-3,22E-02	6,55E+01	1,02E+00	-9,22E-01
3,51E+01	1,00E+01	-3,22E-02	6,91E+01	1,10E+00	-1,05E+00
2,77E+01	1,00E+01	-3,22E-02	7,63E+01	1,24E+00	-1,21E+00
2,19E+01	1,00E+01	-3,22E-02	8,00E+01	1,40E+00	-1,39E+00
1,73E+01	1,00E+01	-3,22E-02	8,36E+01	1,58E+00	-1,60E+00
1,41E+01	1,00E+01	-3,22E-02	8,86E+01	1,76E+00	-1,80E+00
1,10E+01	1,00E+01	-3,22E-02	9,17E+01	2,01E+00	-2,08E+00
8,65E+00	1,00E+01	-3,22E-02	9,59E+01	2,28E+00	-2,39E+00
6,82E+00	1,00E+01	-3,22E-02	9,83E+01	2,59E+00	-2,72E+00
5,36E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,01E+02	2,94E+00	-3,10E+00
4,25E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,05E+02	3,32E+00	-3,52E+00
3,36E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,09E+02	3,76E+00	-4,00E+00
2,66E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,13E+02	4,26E+00	-4,56E+00
2,10E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,17E+02	4,83E+00	-5,20E+00
1,67E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,23E+02	5,48E+00	-5,93E+00
1,32E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,27E+02	6,23E+00	-6,77E+00
1,04E+00	1,00E+01	-3,22E-02	1,32E+02	7,11E+00	-7,72E+00
8,27E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,38E+02	8,11E+00	-8,86E+00
6,54E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,43E+02	9,26E+00	-1,01E+01
5,16E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,48E+02	1,05E+01	-1,18E+01
4,08E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,54E+02	1,22E+01	-1,34E+01
3,23E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,61E+02	1,45E+01	-1,55E+01
2,56E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,70E+02	1,68E+01	-1,74E+01
2,03E-01	1,00E+01	-3,22E-02	1,92E+02	1,94E+01	-1,94E+01
1,60E-01	1,00E+01	-3,22E-02	2,05E+02	2,34E+01	-2,26E+01
1,27E-01	1,00E+01	-3,22E-02	2,22E+02	2,71E+01	-2,47E+01
1,00E-01	1,00E+01	-3,22E-02	2,43E+02	3,18E+01	-2,74E+01



Perhitungan:

Diket =

$$R_e = 0,41 \text{ ohm}$$

$$R_{ct} = 91,33 \text{ ohm}$$

$$A = 13 \text{ cm}^2$$

$$l = 0,7 \text{ cm}$$

$$l_{el} = 1 \text{ cm}$$

Ditanya = a. $\sigma_e = ?$

b. $\sigma_{ct} = ?$

Jawab = a. Konduktivitas Elektrolit

$$\begin{aligned} \rho_e &= \frac{R_e A}{l} \\ &= \frac{(0,41)(13)}{1} \\ &= 5,33 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{1}{\rho_e} \\ &= \frac{1}{5,33} \\ &= 1,87 \times 10^{-1} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

b. Konduktivitas Transfer Muatan

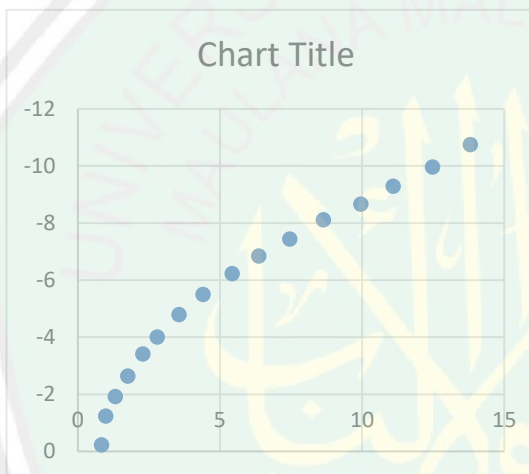
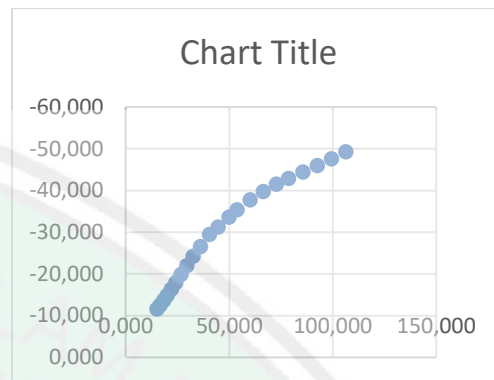
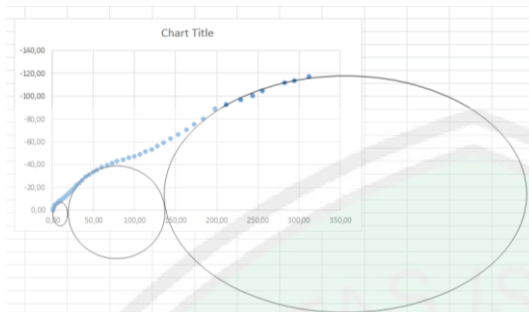
$$\begin{aligned} \rho_{ct} &= \frac{R_{ct} A}{l} \\ &= \frac{(91,33)(13)}{0,7} \\ &= 5,90 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

3. Markisa Tanpa PVA

Freq (hz)	Ampl(mV)	Bias(V)	Time(Sec)	Z'(Ohm.cm ²)	Z''(Ohm.cm ²)
1,06E+05	1,00E+01	7,87E-03	3,12E-02	2,36E+00	5,04E+00
8,13E+04	1,00E+01	7,87E-03	9,05E-01	1,44E+00	3,76E+00
6,28E+04	1,00E+01	7,87E-03	1,75E+00	1,05E+00	2,66E+00
5,32E+04	1,00E+01	7,87E-03	3,17E+00	7,97E-01	1,77E+00
4,07E+04	1,00E+01	7,87E-03	4,01E+00	8,25E-01	7,27E-01
3,14E+04	1,00E+01	7,87E-03	4,90E+00	8,44E-01	-2,23E-01
2,47E+04	1,00E+01	7,87E-03	5,71E+00	9,86E-01	-1,23E+00

1,97E+04	1,00E+01	7,87E-03	7,85E+00	1,33E+00	-1,91E+00
1,57E+04	1,00E+01	7,87E-03	8,74E+00	1,76E+00	-2,63E+00
1,23E+04	1,00E+01	7,87E-03	9,53E+00	2,29E+00	-3,41E+00
1,02E+04	1,00E+01	7,87E-03	1,10E+01	2,81E+00	-4,00E+00
7,85E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,19E+01	3,57E+00	-4,79E+00
6,17E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,27E+01	4,41E+00	-5,49E+00
4,80E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,35E+01	5,43E+00	-6,22E+00
3,84E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,45E+01	6,37E+00	-6,83E+00
3,03E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,54E+01	7,47E+00	-7,43E+00
2,37E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,63E+01	8,64E+00	-8,10E+00
1,88E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,71E+01	9,96E+00	-8,66E+00
1,49E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,79E+01	1,11E+01	-9,28E+00
1,18E+03	1,00E+01	7,87E-03	1,89E+01	1,25E+01	-9,95E+00
9,39E+02	1,00E+01	7,87E-03	2,37E+01	1,38E+01	-1,07E+01
7,45E+02	1,00E+01	7,87E-03	2,67E+01	1,52E+01	-1,15E+01
5,84E+02	1,00E+01	7,87E-03	2,80E+01	1,68E+01	-1,25E+01
4,60E+02	1,00E+01	7,87E-03	2,93E+01	1,84E+01	-1,36E+01
3,66E+02	1,00E+01	7,87E-03	3,16E+01	2,01E+01	-1,48E+01
2,88E+02	1,00E+01	7,87E-03	3,42E+01	2,21E+01	-1,63E+01
2,27E+02	1,00E+01	7,87E-03	3,71E+01	2,43E+01	-1,79E+01
1,80E+02	1,00E+01	7,87E-03	4,02E+01	2,67E+01	-1,98E+01
1,42E+02	1,00E+01	7,87E-03	4,39E+01	2,96E+01	-2,19E+01
1,13E+02	1,00E+01	7,87E-03	4,79E+01	3,27E+01	-2,42E+01
9,00E+01	1,00E+01	7,87E-03	5,33E+01	3,62E+01	-2,65E+01
7,11E+01	1,00E+01	7,87E-03	5,82E+01	4,06E+01	-2,94E+01
5,63E+01	1,00E+01	7,87E-03	6,36E+01	4,48E+01	-3,12E+01
4,43E+01	1,00E+01	7,87E-03	6,71E+01	5,00E+01	-3,36E+01
3,51E+01	1,00E+01	7,87E-03	7,08E+01	5,38E+01	-3,54E+01
2,77E+01	1,00E+01	7,87E-03	7,47E+01	6,02E+01	-3,77E+01
2,19E+01	1,00E+01	7,87E-03	7,85E+01	6,66E+01	-3,97E+01
1,73E+01	1,00E+01	7,87E-03	8,21E+01	7,29E+01	-4,14E+01
1,41E+01	1,00E+01	7,87E-03	8,71E+01	7,87E+01	-4,29E+01
1,10E+01	1,00E+01	7,87E-03	9,02E+01	8,58E+01	-4,44E+01
8,65E+00	1,00E+01	7,87E-03	9,44E+01	9,27E+01	-4,59E+01
6,82E+00	1,00E+01	7,87E-03	9,69E+01	9,95E+01	-4,75E+01
5,36E+00	1,00E+01	7,87E-03	9,99E+01	1,06E+02	-4,92E+01
4,25E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,03E+02	1,13E+02	-5,12E+01
3,36E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,07E+02	1,20E+02	-5,34E+01
2,66E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,11E+02	1,28E+02	-5,60E+01
2,10E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,16E+02	1,36E+02	-5,91E+01
1,67E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,22E+02	1,44E+02	-6,28E+01
1,32E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,26E+02	1,53E+02	-6,66E+01
1,04E+00	1,00E+01	7,87E-03	1,30E+02	1,63E+02	-7,06E+01
8,27E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,37E+02	1,73E+02	-7,52E+01
6,54E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,42E+02	1,84E+02	-8,00E+01
5,16E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,46E+02	1,98E+02	-8,84E+01

4,08E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,52E+02	2,11E+02	-9,27E+01
3,23E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,60E+02	2,29E+02	-9,67E+01
2,56E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,68E+02	2,43E+02	-1,01E+02
2,03E-01	1,00E+01	7,87E-03	1,90E+02	2,56E+02	-1,05E+02
1,60E-01	1,00E+01	7,87E-03	2,04E+02	2,82E+02	-1,12E+02
1,27E-01	1,00E+01	7,87E-03	2,20E+02	2,94E+02	-1,14E+02
1,00E-01	1,00E+01	7,87E-03	2,41E+02	3,12E+02	-1,17E+02



Perhitungan:

Diket =

$$R_e = 0,844 \text{ ohm}$$

$$R_{ct} = 92,666 \text{ ohm}$$

$$A = 13 \text{ cm}^2$$

$$l = 0,7 \text{ cm}$$

$$l_{cl} = 1 \text{ cm}$$

Ditanya = a. $\sigma_e = ?$

b. $\sigma_{ct} = ?$

Jawab = a. Konduktivitas Elektrolit

$$\begin{aligned} \rho_e &= \frac{R_e A}{l} \\ &= \frac{(0,84)(13)}{1} \\ &= 10,92 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{1}{\rho_e} \\ &= \frac{1}{10,92} \\ &= 9,11 \times 10^{-2} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

b. Konduktivitas Transfer

Muatan

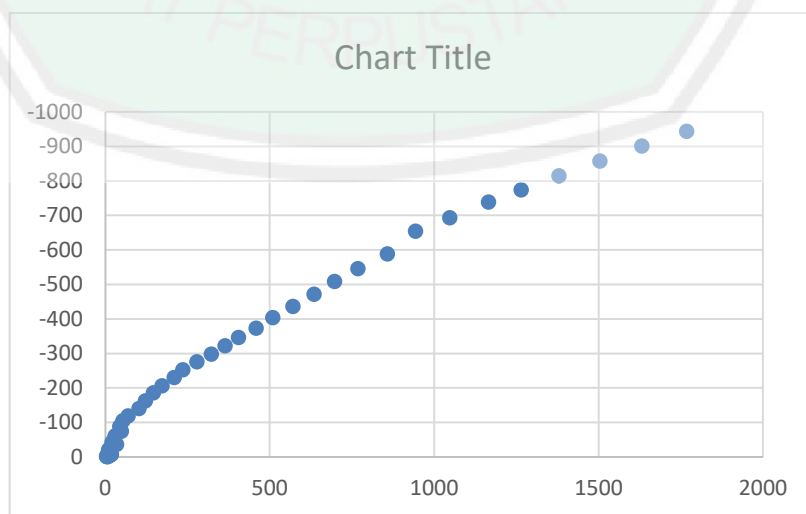
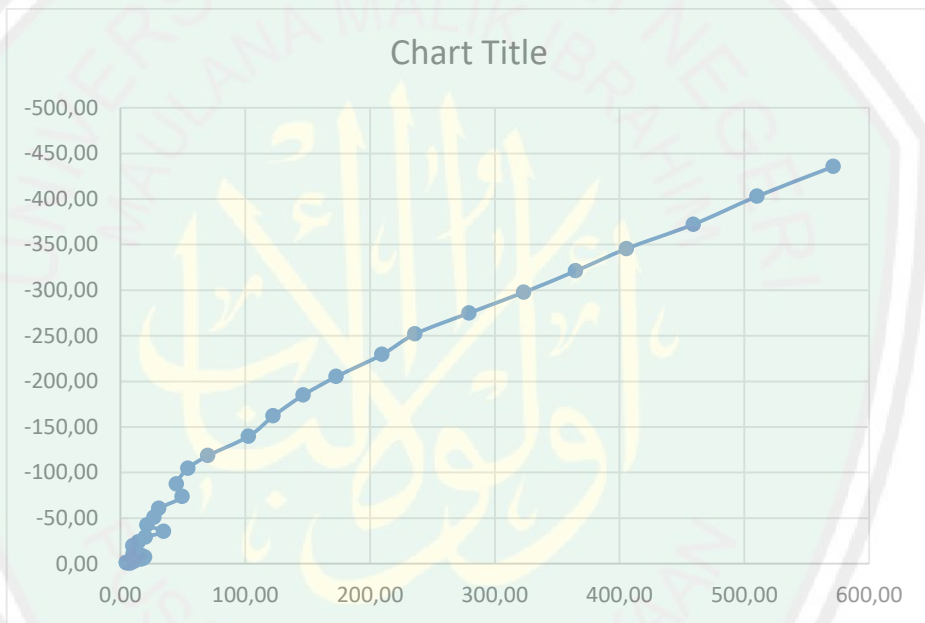
$$\begin{aligned} \rho_{ct} &= \frac{R_{ct} A}{l} \\ &= \frac{(92,666)(13)}{0,7} \\ &= 1720,94 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{ct} &= \frac{1}{\rho_{ct}} \\ &= \frac{1}{1720,94} \\ &= 5,81 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

4. Markisa dengan campuran PVA

Freq (Hz)	Ampl(mV)	Bias(V)	Time(Sec)	Z'(Ohm.cm ²)	Z''(Ohm.cm ²)
1,06E+05	1,00E+01	-7,41E-02	1,09E-01	3,51E+00	2,76E+00
8,13E+04	1,00E+01	-7,41E-02	9,83E-01	3,28E+00	2,24E+00
6,28E+04	1,00E+01	-7,41E-02	1,84E+00	3,34E+00	1,56E+00
5,32E+04	1,00E+01	-7,41E-02	3,26E+00	3,14E+00	1,18E+00
4,07E+04	1,00E+01	-7,41E-02	4,10E+00	3,43E+00	7,80E-01
3,14E+04	1,00E+01	-7,41E-02	4,99E+00	3,41E+00	4,21E-01
2,47E+04	1,00E+01	-7,41E-02	5,80E+00	4,19E+00	5,17E-02
1,97E+04	1,00E+01	-7,41E-02	7,94E+00	8,23E+00	-5,68E-01
1,57E+04	1,00E+01	-7,41E-02	8,83E+00	6,83E+00	-7,40E-01
1,23E+04	1,00E+01	-7,41E-02	9,63E+00	5,06E+00	-9,10E-01
1,02E+04	1,00E+01	-7,41E-02	1,11E+01	4,99E+00	-1,17E+00
7,85E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,20E+01	4,83E+00	-1,49E+00
6,17E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,28E+01	7,55E+00	-1,87E+00
4,80E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,36E+01	1,09E+01	-2,37E+00
3,84E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,46E+01	1,02E+01	-2,79E+00
3,03E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,55E+01	1,08E+01	-3,39E+00
2,37E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,64E+01	1,22E+01	-4,10E+00
1,88E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,72E+01	1,64E+01	-5,01E+00
1,49E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,80E+01	1,85E+01	-6,02E+00
1,18E+03	1,00E+01	-7,41E-02	1,90E+01	1,95E+01	-7,36E+00
9,39E+02	1,00E+01	-7,41E-02	2,38E+01	1,68E+01	-8,92E+00
7,45E+02	1,00E+01	-7,41E-02	2,68E+01	1,03E+01	-1,08E+01
5,84E+02	1,00E+01	-7,41E-02	2,81E+01	1,09E+01	-1,33E+01
4,60E+02	1,00E+01	-7,41E-02	2,95E+01	1,20E+01	-1,63E+01
3,66E+02	1,00E+01	-7,41E-02	3,17E+01	1,01E+01	-1,96E+01
2,88E+02	1,00E+01	-7,41E-02	3,43E+01	1,44E+01	-2,40E+01
2,27E+02	1,00E+01	-7,41E-02	3,72E+01	2,00E+01	-2,91E+01
1,80E+02	1,00E+01	-7,41E-02	4,04E+01	3,47E+01	-3,54E+01
1,42E+02	1,00E+01	-7,41E-02	4,40E+01	2,13E+01	-4,23E+01
1,13E+02	1,00E+01	-7,41E-02	4,80E+01	2,69E+01	-5,08E+01
9,00E+01	1,00E+01	-7,41E-02	5,34E+01	3,08E+01	-6,06E+01
7,11E+01	1,00E+01	-7,41E-02	5,83E+01	4,96E+01	-7,36E+01
5,63E+01	1,00E+01	-7,41E-02	6,37E+01	4,49E+01	-8,75E+01
4,43E+01	1,00E+01	-7,41E-02	6,72E+01	5,41E+01	-1,04E+02
3,51E+01	1,00E+01	-7,41E-02	7,09E+01	7,01E+01	-1,19E+02
2,77E+01	1,00E+01	-7,41E-02	7,80E+01	1,03E+02	-1,40E+02
2,19E+01	1,00E+01	-7,41E-02	8,18E+01	1,23E+02	-1,62E+02
1,73E+01	1,00E+01	-7,41E-02	8,53E+01	1,46E+02	-1,85E+02
1,41E+01	1,00E+01	-7,41E-02	9,04E+01	1,73E+02	-2,05E+02
1,10E+01	1,00E+01	-7,41E-02	9,35E+01	2,10E+02	-2,29E+02
8,65E+00	1,00E+01	-7,41E-02	9,77E+01	2,36E+02	-2,52E+02
6,82E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,00E+02	2,79E+02	-2,75E+02
5,36E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,03E+02	3,23E+02	-2,98E+02
4,25E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,06E+02	3,65E+02	-3,21E+02

3,36E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,11E+02	4,06E+02	-3,46E+02
2,66E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,14E+02	4,59E+02	-3,72E+02
2,10E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,19E+02	5,10E+02	-4,03E+02
1,67E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,25E+02	5,71E+02	-4,36E+02
1,32E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,29E+02	6,35E+02	-4,71E+02
1,04E+00	1,00E+01	-7,41E-02	1,33E+02	6,98E+02	-5,08E+02
8,27E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,40E+02	7,69E+02	-5,45E+02
6,54E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,45E+02	8,58E+02	-5,87E+02
5,16E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,50E+02	9,44E+02	-6,54E+02
4,08E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,56E+02	1,05E+03	-6,93E+02
3,23E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,63E+02	1,17E+03	-7,38E+02
2,56E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,71E+02	1,27E+03	-7,73E+02
2,03E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,82E+02	1,38E+03	-8,14E+02
1,60E-01	1,00E+01	-7,41E-02	1,96E+02	1,50E+03	-8,57E+02
1,27E-01	1,00E+01	-7,41E-02	2,12E+02	1,63E+03	-9,01E+02
1,00E-01	1,00E+01	-7,41E-02	2,33E+02	1,77E+03	-9,43E+02



Perhitungan:

Diket =

$$R_e = 4,19 \text{ ohm}$$

$$R_{ct} = 567,20 \text{ ohm}$$

$$A = 13 \text{ cm}^2$$

$$l = 0,7 \text{ cm}$$

$$l_{el} = 1 \text{ cm}$$

Ditanya = a. $\sigma_e = ?$

b. $\sigma_{ct} = ?$

Jawab = a. Konduktivitas Elektrolit

$$\begin{aligned}\rho_e &= \frac{R_e A}{l} \\ &= \frac{(4,19)(13)}{0,7} \\ &= 78,47 \text{ S/cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_e &= \frac{1}{\rho_e} \\ &= \frac{1}{78,47} \\ &= 1,27 \times 10^{-2} \text{ S/cm}\end{aligned}$$

b. Konduktivitas Transfer Muatan

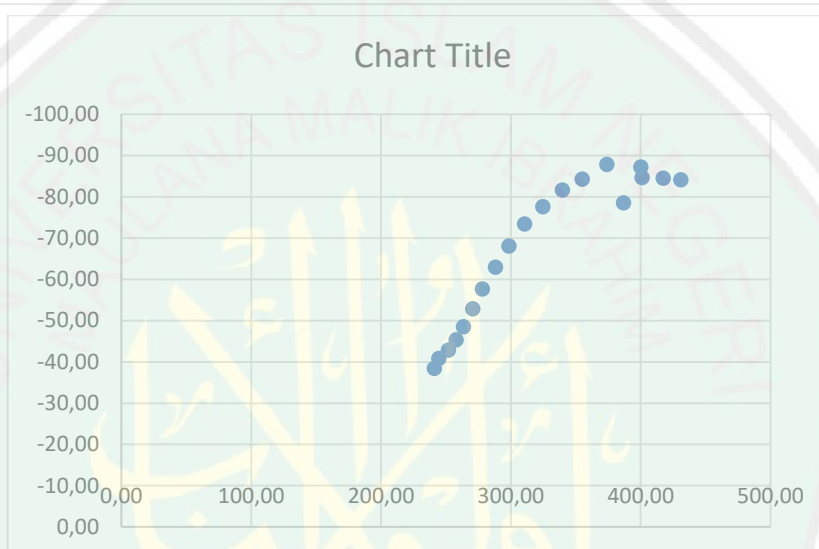
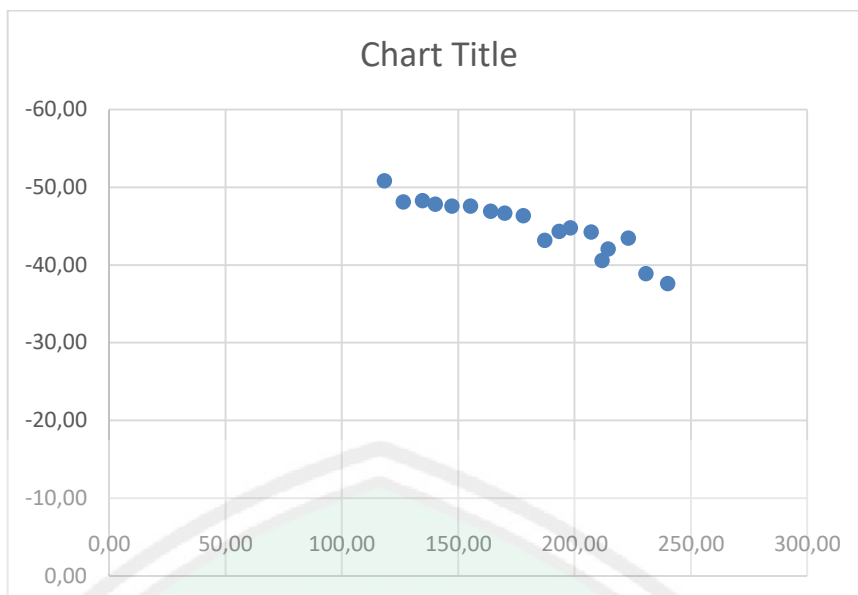
$$\begin{aligned}\rho_{ct} &= \frac{R_{ct} A}{l} \\ &= \frac{(567,20)(13)}{0,7} \\ &= 10533,71 \text{ S/cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ct} &= \frac{1}{\rho_{ct}} \\ &= \frac{1}{10533,71} \\ &= 9,49 \times 10^{-5} \text{ S/cm}\end{aligned}$$

5. Pisang tanpa PVA

Freq (Hz)	Ampl(mV)	Bias(V)	Time(Sec)	Z'(Ohm.cm ²)	Z''(Ohm.cm ²)
1,06E+05	1,00E+01	-5,07E-02	3,12E-02	1,18E+02	-5,08E+01
8,13E+04	1,00E+01	-5,07E-02	9,05E-01	1,26E+02	-4,81E+01
6,28E+04	1,00E+01	-5,07E-02	1,73E+00	1,35E+02	-4,83E+01
5,32E+04	1,00E+01	-5,07E-02	3,14E+00	1,40E+02	-4,78E+01
4,07E+04	1,00E+01	-5,07E-02	3,98E+00	1,47E+02	-4,75E+01
3,14E+04	1,00E+01	-5,07E-02	4,85E+00	1,55E+02	-4,76E+01
2,47E+04	1,00E+01	-5,07E-02	5,65E+00	1,64E+02	-4,69E+01
1,97E+04	1,00E+01	-5,07E-02	6,66E+00	1,70E+02	-4,66E+01
1,57E+04	1,00E+01	-5,07E-02	7,53E+00	1,78E+02	-4,63E+01
1,23E+04	1,00E+01	-5,07E-02	8,35E+00	1,87E+02	-4,31E+01
1,02E+04	1,00E+01	-5,07E-02	9,78E+00	1,93E+02	-4,43E+01
7,85E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,07E+01	1,98E+02	-4,48E+01
6,17E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,16E+01	2,07E+02	-4,42E+01
4,80E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,24E+01	2,15E+02	-4,20E+01
3,84E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,34E+01	2,12E+02	-4,05E+01
3,03E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,43E+01	2,23E+02	-4,34E+01

2,37E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,52E+01	2,31E+02	-3,88E+01
1,88E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,60E+01	2,40E+02	-3,76E+01
1,49E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,68E+01	2,41E+02	-3,83E+01
1,18E+03	1,00E+01	-5,07E-02	1,78E+01	2,45E+02	-4,08E+01
9,39E+02	1,00E+01	-5,07E-02	2,26E+01	2,52E+02	-4,28E+01
7,45E+02	1,00E+01	-5,07E-02	2,56E+01	2,58E+02	-4,53E+01
5,84E+02	1,00E+01	-5,07E-02	2,69E+01	2,64E+02	-4,84E+01
4,60E+02	1,00E+01	-5,07E-02	2,83E+01	2,71E+02	-5,28E+01
3,66E+02	1,00E+01	-5,07E-02	3,05E+01	2,78E+02	-5,76E+01
2,88E+02	1,00E+01	-5,07E-02	3,31E+01	2,88E+02	-6,29E+01
2,27E+02	1,00E+01	-5,07E-02	3,60E+01	2,99E+02	-6,80E+01
1,80E+02	1,00E+01	-5,07E-02	3,92E+01	3,11E+02	-7,34E+01
1,42E+02	1,00E+01	-5,07E-02	4,28E+01	3,25E+02	-7,76E+01
1,13E+02	1,00E+01	-5,07E-02	4,68E+01	3,40E+02	-8,16E+01
9,00E+01	1,00E+01	-5,07E-02	5,22E+01	3,55E+02	-8,42E+01
7,11E+01	1,00E+01	-5,07E-02	5,71E+01	3,74E+02	-8,78E+01
5,63E+01	1,00E+01	-5,07E-02	6,25E+01	3,87E+02	-7,85E+01
4,43E+01	1,00E+01	-5,07E-02	6,60E+01	4,00E+02	-8,72E+01
3,51E+01	1,00E+01	-5,07E-02	6,97E+01	4,01E+02	-8,46E+01
2,77E+01	1,00E+01	-5,07E-02	7,36E+01	4,18E+02	-8,44E+01
2,19E+01	1,00E+01	-5,07E-02	7,73E+01	4,31E+02	-8,41E+01
1,73E+01	1,00E+01	-5,07E-02	8,09E+01	4,44E+02	-8,45E+01
1,41E+01	1,00E+01	-5,07E-02	8,60E+01	4,55E+02	-8,53E+01
1,10E+01	1,00E+01	-5,07E-02	8,90E+01	4,68E+02	-8,66E+01
8,65E+00	1,00E+01	-5,07E-02	9,32E+01	4,80E+02	-8,84E+01
6,82E+00	1,00E+01	-5,07E-02	9,57E+01	4,93E+02	-9,06E+01
5,36E+00	1,00E+01	-5,07E-02	9,87E+01	5,05E+02	-9,39E+01
4,25E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,02E+02	5,18E+02	-9,78E+01
3,36E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,06E+02	5,31E+02	-1,03E+02
2,66E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,10E+02	5,44E+02	-1,09E+02
2,10E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,15E+02	5,58E+02	-1,17E+02
1,67E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,20E+02	5,73E+02	-1,25E+02
1,32E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,25E+02	5,89E+02	-1,36E+02
1,04E+00	1,00E+01	-5,07E-02	1,29E+02	6,07E+02	-1,46E+02
8,27E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,36E+02	6,25E+02	-1,60E+02
6,54E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,40E+02	6,46E+02	-1,76E+02
5,16E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,45E+02	6,77E+02	-2,06E+02
4,08E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,51E+02	7,03E+02	-2,21E+02
3,23E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,58E+02	7,43E+02	-2,37E+02
2,56E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,67E+02	7,71E+02	-2,56E+02
2,03E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,78E+02	8,05E+02	-2,78E+02
1,60E-01	1,00E+01	-5,07E-02	1,91E+02	8,45E+02	-3,03E+02
1,27E-01	1,00E+01	-5,07E-02	2,08E+02	8,84E+02	-3,29E+02
1,00E-01	1,00E+01	-5,07E-02	2,29E+02	9,27E+02	-3,56E+02



Perhitungan:

Diket =

$R_e = 118,37 \text{ Ohm}$

$R_{ct} = 191,15 \text{ Ohm}$

$A = 13 \text{ cm}^2$

$l = 0,7 \text{ cm}$

$l_{el} = 1 \text{ cm}$

Ditanya = a. $\sigma_e = ?$

b. $\sigma_{ct} = ?$

Jawab = a. Konduktivitas Elektrolit

$$\rho_e = \frac{R_e A}{l}$$

$$= \frac{(118,37)(13)}{1}$$

$$= 153,81 \text{ S/cm}$$

$$\sigma_e = \frac{1}{\rho_e}$$

$$= \frac{1}{153,81}$$

$$= 6,50 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

b. Konduktivitas Transfer Muatan

$$\rho_{ct} = \frac{R_{ct} A}{l}$$

$$= \frac{(191,15)(13)}{0,7}$$

$$= 4549,92 \text{ S/cm}$$

$$\sigma_{ct} = \frac{1}{\rho_{ct}}$$

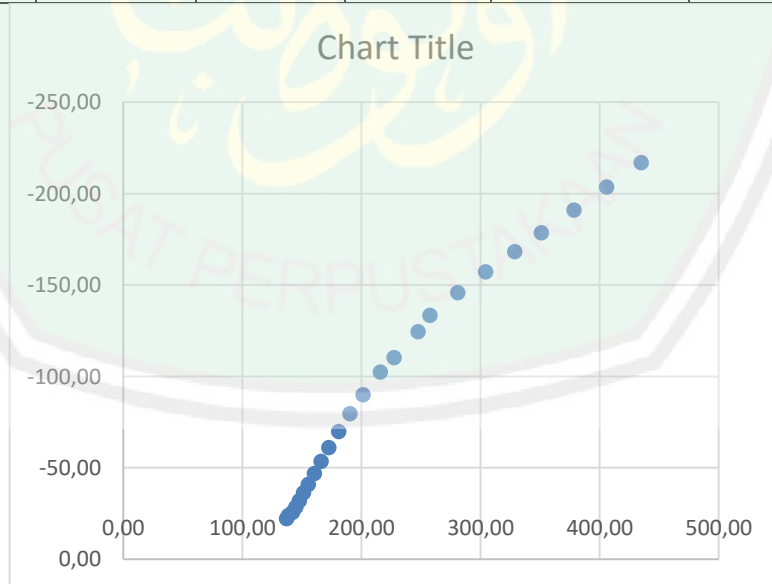
$$= \frac{1}{4549,15}$$

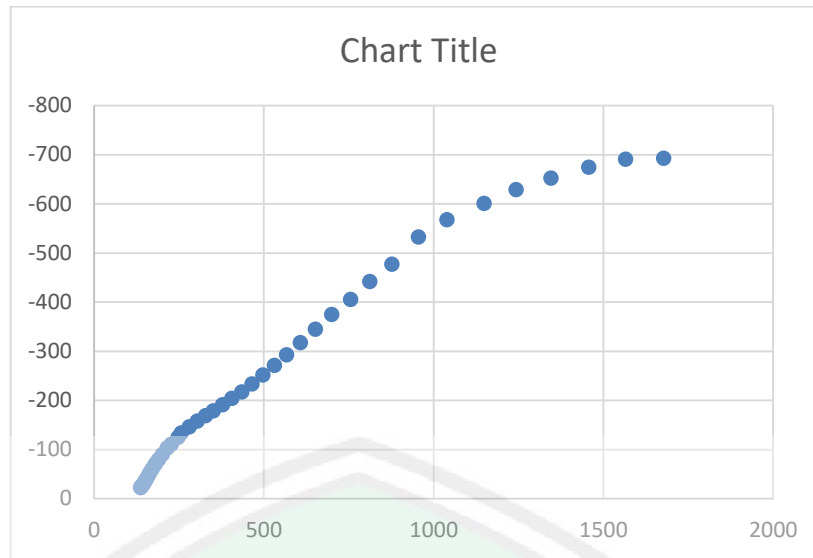
$$= 2,82 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$$

6. Pisang dengan campuran PVA

Freq (HZ)	Ampl(mV)	Bias(V)	Time(Sec)	Z'(Ohm.cm^2)	Z''(Ohm.cm^2)
1,06E+05	1,00E+01	-1,26E-01	3,12E-02	9,52E+01	-3,31E+01
8,13E+04	1,00E+01	-1,26E-01	8,89E-01	1,00E+02	-2,76E+01
6,28E+04	1,00E+01	-1,26E-01	1,72E+00	1,03E+02	-2,41E+01
5,32E+04	1,00E+01	-1,26E-01	3,12E+00	1,05E+02	-2,16E+01
4,07E+04	1,00E+01	-1,26E-01	3,98E+00	1,08E+02	-1,95E+01
3,14E+04	1,00E+01	-1,26E-01	4,87E+00	1,10E+02	-1,83E+01
2,47E+04	1,00E+01	-1,26E-01	5,68E+00	1,11E+02	-1,70E+01
1,97E+04	1,00E+01	-1,26E-01	6,69E+00	1,13E+02	-1,54E+01
1,57E+04	1,00E+01	-1,26E-01	7,58E+00	1,14E+02	-1,69E+01
1,23E+04	1,00E+01	-1,26E-01	8,47E+00	1,17E+02	-1,51E+01
1,02E+04	1,00E+01	-1,26E-01	9,92E+00	1,18E+02	-1,64E+01
7,85E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,08E+01	1,21E+02	-1,54E+01
6,17E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,17E+01	1,23E+02	-1,55E+01
4,80E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,25E+01	1,25E+02	-1,68E+01
3,84E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,35E+01	1,27E+02	-1,76E+01
3,03E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,44E+01	1,29E+02	-1,82E+01
2,37E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,54E+01	1,32E+02	-1,97E+01
1,88E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,61E+01	1,33E+02	-2,08E+01
1,49E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,69E+01	1,37E+02	-2,21E+01
1,18E+03	1,00E+01	-1,26E-01	1,79E+01	1,39E+02	-2,40E+01
9,39E+02	1,00E+01	-1,26E-01	2,27E+01	1,42E+02	-2,57E+01
7,45E+02	1,00E+01	-1,26E-01	2,41E+01	1,45E+02	-2,85E+01
5,84E+02	1,00E+01	-1,26E-01	2,55E+01	1,48E+02	-3,20E+01
4,60E+02	1,00E+01	-1,26E-01	2,68E+01	1,51E+02	-3,63E+01
3,66E+02	1,00E+01	-1,26E-01	2,91E+01	1,55E+02	-4,09E+01
2,88E+02	1,00E+01	-1,26E-01	3,17E+01	1,60E+02	-4,68E+01
2,27E+02	1,00E+01	-1,26E-01	3,46E+01	1,66E+02	-5,35E+01
1,80E+02	1,00E+01	-1,26E-01	3,77E+01	1,73E+02	-6,11E+01
1,42E+02	1,00E+01	-1,26E-01	4,35E+01	1,81E+02	-6,98E+01
1,13E+02	1,00E+01	-1,26E-01	4,75E+01	1,90E+02	-7,95E+01
9,00E+01	1,00E+01	-1,26E-01	5,29E+01	2,01E+02	-8,99E+01
7,11E+01	1,00E+01	-1,26E-01	5,78E+01	2,16E+02	-1,02E+02
5,63E+01	1,00E+01	-1,26E-01	6,32E+01	2,27E+02	-1,10E+02

4,43E+01	1,00E+01	-1,26E-01	6,67E+01	2,48E+02	-1,24E+02
3,51E+01	1,00E+01	-1,26E-01	7,04E+01	2,58E+02	-1,33E+02
2,77E+01	1,00E+01	-1,26E-01	7,43E+01	2,81E+02	-1,46E+02
2,19E+01	1,00E+01	-1,26E-01	7,81E+01	3,04E+02	-1,57E+02
1,73E+01	1,00E+01	-1,26E-01	8,17E+01	3,29E+02	-1,68E+02
1,41E+01	1,00E+01	-1,26E-01	8,67E+01	3,51E+02	-1,78E+02
1,10E+01	1,00E+01	-1,26E-01	8,98E+01	3,79E+02	-1,91E+02
8,65E+00	1,00E+01	-1,26E-01	9,40E+01	4,06E+02	-2,03E+02
6,82E+00	1,00E+01	-1,26E-01	9,64E+01	4,35E+02	-2,17E+02
5,36E+00	1,00E+01	-1,26E-01	9,94E+01	4,66E+02	-2,33E+02
4,25E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,03E+02	4,97E+02	-2,51E+02
3,36E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,07E+02	5,31E+02	-2,71E+02
2,66E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,11E+02	5,68E+02	-2,92E+02
2,10E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,15E+02	6,08E+02	-3,17E+02
1,67E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,21E+02	6,52E+02	-3,44E+02
1,32E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,25E+02	7,00E+02	-3,75E+02
1,04E+00	1,00E+01	-1,26E-01	1,30E+02	7,56E+02	-4,05E+02
8,27E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,36E+02	8,12E+02	-4,41E+02
6,54E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,41E+02	8,77E+02	-4,76E+02
5,16E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,46E+02	9,56E+02	-5,32E+02
4,08E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,52E+02	1,04E+03	-5,67E+02
3,23E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,59E+02	1,15E+03	-6,00E+02
2,56E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,68E+02	1,24E+03	-6,28E+02
2,03E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,79E+02	1,35E+03	-6,52E+02
1,60E-01	1,00E+01	-1,26E-01	1,92E+02	1,46E+03	-6,74E+02
1,27E-01	1,00E+01	-1,26E-01	2,09E+02	1,57E+03	-6,90E+02
1,00E-01	1,00E+01	-1,26E-01	2,30E+02	1,68E+03	-6,92E+02





Perhitungan:

Diket =

$$R_e = 137,05 \text{ Ohm}$$

$$R_{ct} = 298,04 \text{ Ohm}$$

$$A = 13 \text{ cm}^2$$

$$l = 0,7 \text{ cm}$$

$$l_{el} = 1 \text{ cm}$$

Ditanya = a. $\sigma_e = ?$

b. $\sigma_{ct} = ?$

Jawab = a. Konduktivitas Elektrolit

$$\begin{aligned} \rho_e &= \frac{R_e A}{l} \\ &= \frac{(137,05)(13)}{0,7} \\ &= 2561,65 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{1}{\rho_e} \\ &= \frac{1}{2561,65} \\ &= 3,9 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

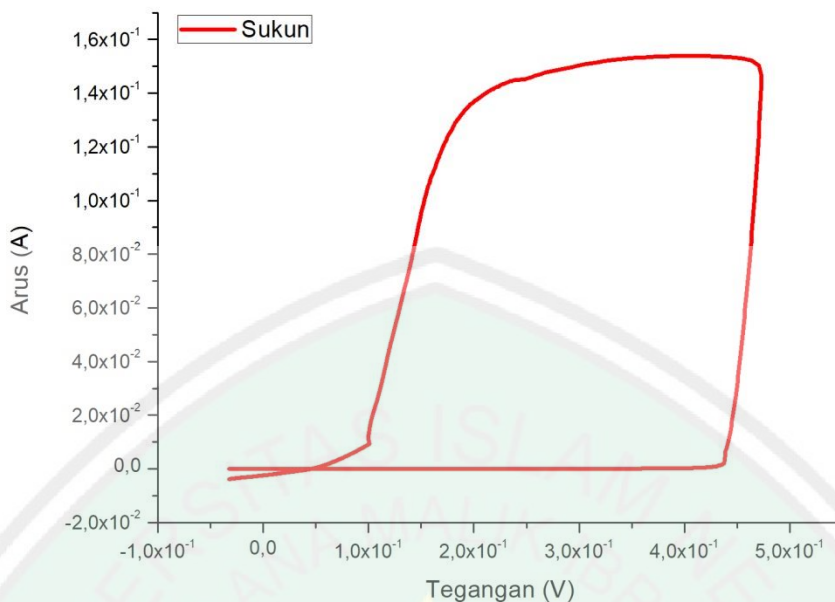
b. Konduktivitas Transfer Muatan

$$\begin{aligned} \rho_{ct} &= \frac{R_{ct} A}{l} \\ &= \frac{(298,04)(13)}{0,7} \\ &= 5535,02 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{ct} &= \frac{1}{\rho_{ct}} \\ &= \frac{1}{5535,02} \\ &= 1,81 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

LAMPIRA 3 GRAFIK HASIL CV DAN PERHITUNGAN CV

1. Sukun dengan campuran PVA



Perhitungan:

Diket : $I_p = 0,13303 \text{ mA}$

$n = 1$

$C = 0.0001 \text{ mol/cm}^3$

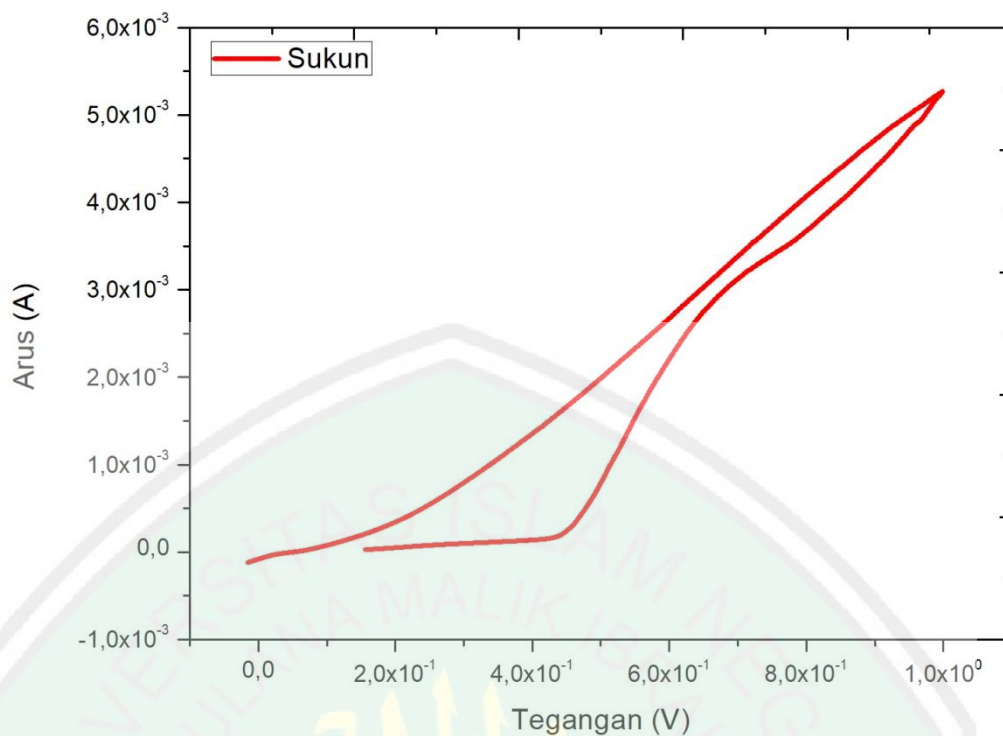
$A = 13 \text{ cm}^2$

$v = 0,001 \text{ V/s}$

Ditanya: $D = ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } D &= \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2} \\ &= \frac{(0,13303)^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (1^{1,5})^2 (13)^2 (0,0001)^2 (0,001)^2} \\ &= \frac{0,017697}{119,4877} \\ &= 1,48 \times 10^{-4} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

2. Sukun tanpa PVA



Perhitungan:

Diket : $I_p = 0,00497 \text{ mA}$

$n = 1$

$C = 0,0001 \text{ mol/cm}^3$

$A = 13 \text{ cm}^2$

$v = 0,001 \text{ V/s}$

Ditanya: $D = ?$

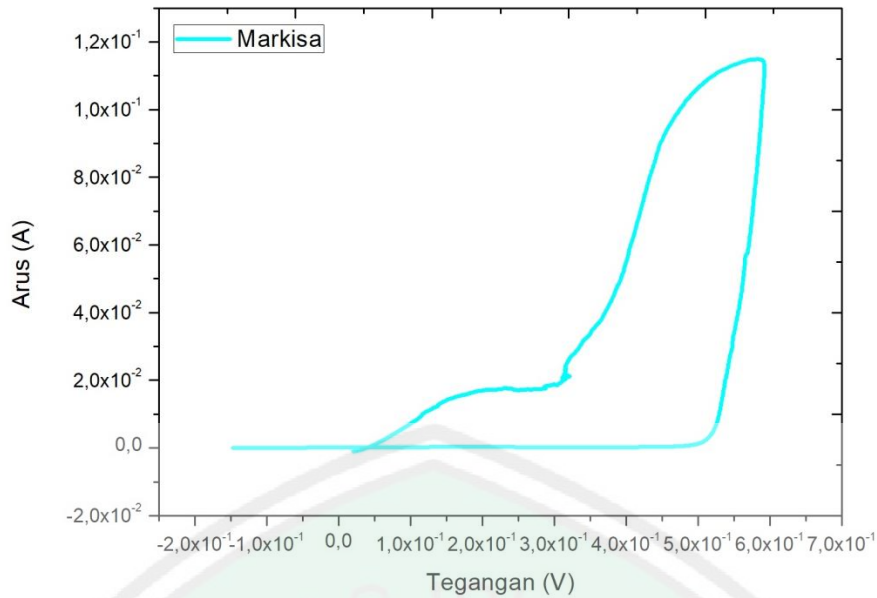
$$\text{Jawab: } D = \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2}$$

$$= \frac{(0,00497)^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (1^{1,5})^2 (13)^2 (0,0001)^2 (0,001)^2}$$

$$= \frac{2,47 \times 10^{-5}}{119,4877}$$

$$= 2,07 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$$

3. Markisa dengan campuran PVA



Perhitungan:

Diket : $I_p = 0,01703 \text{ mA}$

$n = 1$

$C = 0.00001 \text{ mol/cm}^3$

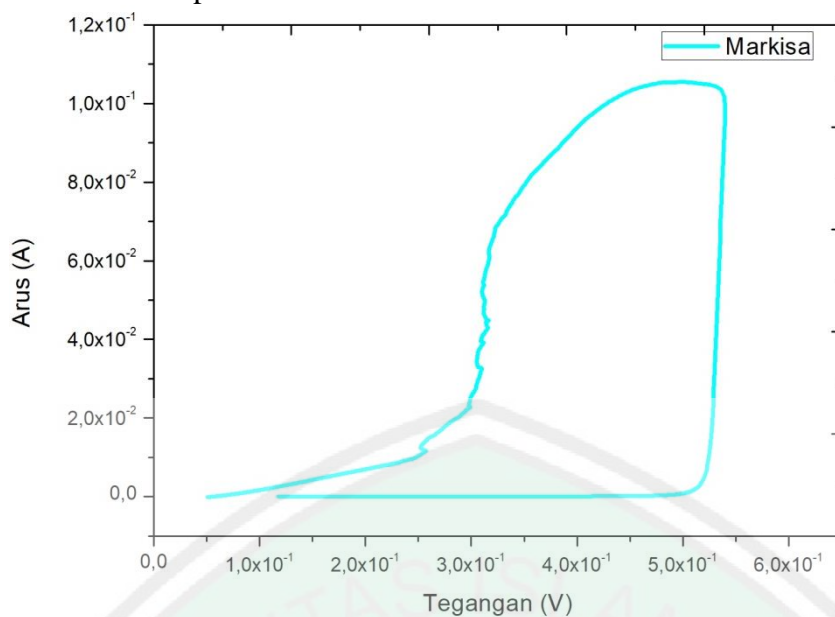
$A = 13 \text{ cm}^2$

$v = 0,001 \text{ V/s}$

Ditanya: $D = ?$

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } D &= \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2} \\
 &= \frac{(0,01703)^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (1^{1,5})^2 (13)^2 (0,00001)^2 (0,001)^2} \\
 &= \frac{0,00029}{1.194877} \\
 &= 2,43 \times 10^{-4} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

3. Markisa tanpa PVA



Perhitungan:

Diket : $I_p = 0,06951 \text{ mA}$

$n = 1$

$C = 0,00001 \text{ mol/cm}^3$

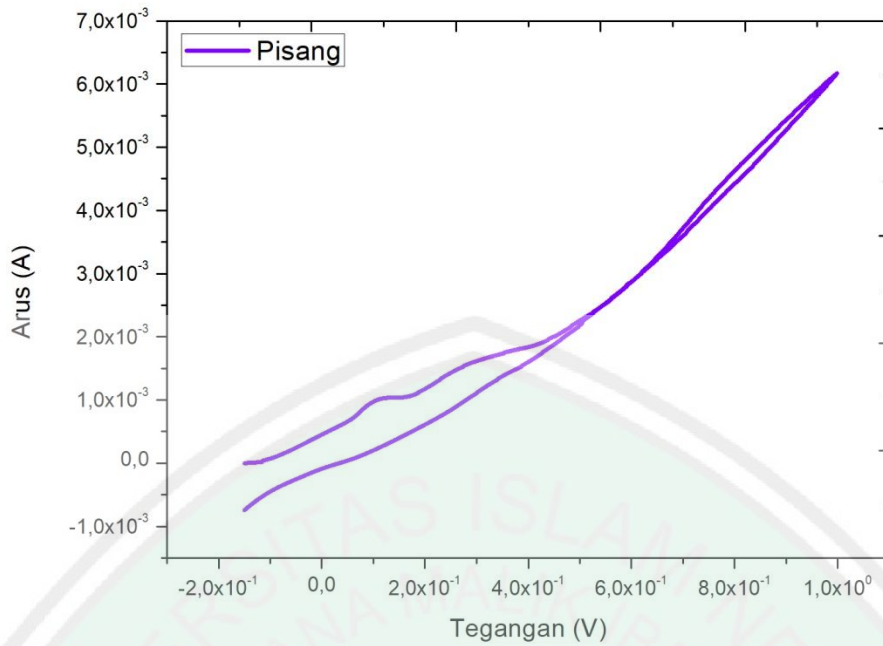
$A = 13 \text{ cm}^2$

$v = 0,001 \text{ V/s}$

Ditanya: $D = ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } D &= \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2} \\ &= \frac{(0,06951)^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (1^{1,5})^2 (13)^2 (0,00001)^2 (0,001)^2} \\ &= \frac{0,004832}{1,194877} \\ &= 4,04 \times 10^{-3} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

4. Pisang dengan campuran PVA



Perhitungan:

Diket : $I_p = 0,001 \text{ mA}$

$n = 1$

$C = 0,00001 \text{ mol/cm}^3$

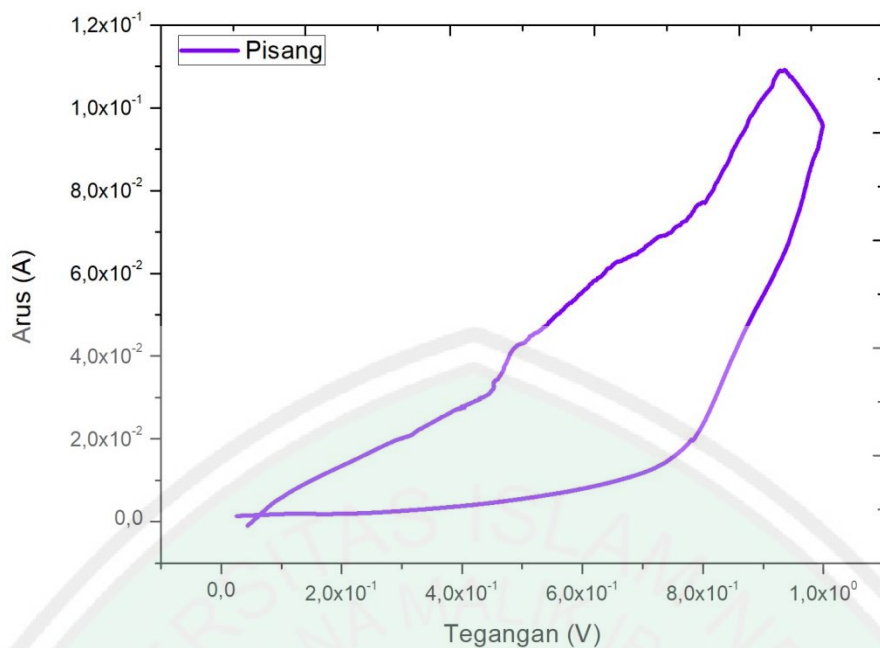
$A = 13 \text{ cm}^2$

$v = 0,001 \text{ V/s}$

Ditanya: $D = ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } D &= \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2} \\ &= \frac{(0,001)^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (1^{1,5})^2 (13)^2 (0,00001)^2 (0,001)^2} \\ &= \frac{0,000001}{1.194877} \\ &= 8,37 \times 10^{-7} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

5. Pisang tanpa PVA



Perhitungan:

Diket : $I_p = 0,10907$ mA

$n = 1$

$C = 0,00001$ mol/cm³

$A = 13$ cm²

$v = 0,001$ V/s

Ditanya: $D = ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } D &= \frac{I_p^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (n^{1,5})^2 A^2 C^2 V^2} \\ &= \frac{(0,10907)^2}{(2,659 \times 10^5)^2 (1^{1,5})^2 (13)^2 (0,00001)^2 (0,001)^2} \\ &= \frac{0,011896}{1.194877} \\ &= 9,956 \times 10^{-3} \text{ S/cm} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 4 DOKUMENTASI KEGIATAN



Pemilihan Limbah Kulit Pisang



Pemilihan Limbah Kulit Sukun



Pemilihan Limbah Kulit Sukun



Limbah direbus selama 15 menit



Pasta limbah yang akan di fermentasi



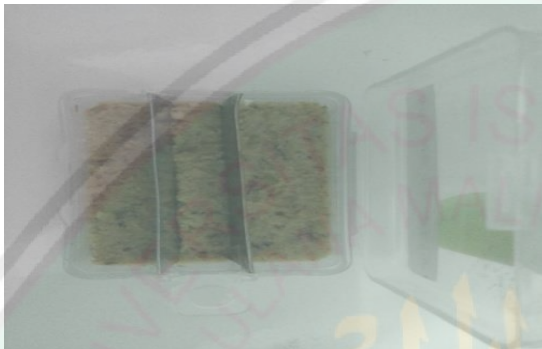
Pasta limbah yang sudah difermentasi



PVA untuk pembuatan gel elektrolit



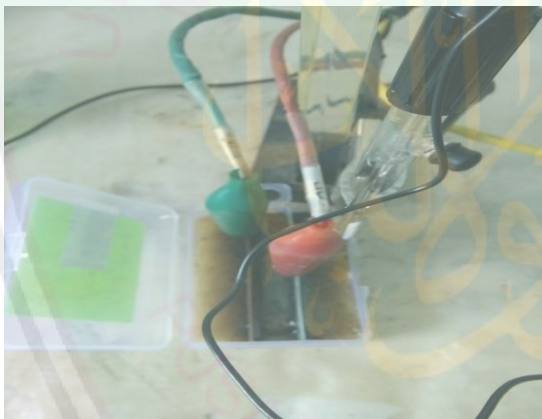
Pelarutan PVA dengan Aquades menggunakan hot plate



Elektrolit tanpa campuran PVA



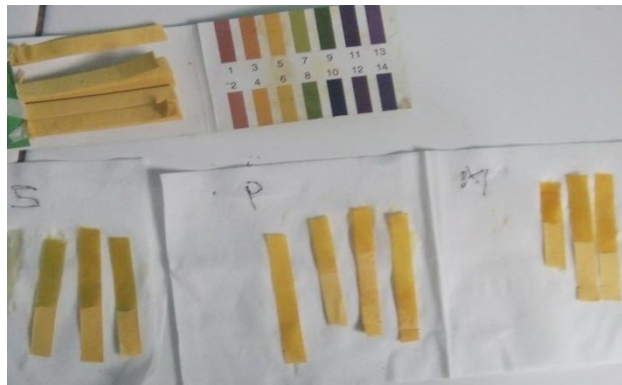
Elektrolit dengan campuran PVA



Pengujian elektrolit menggunakan EIS dan CV



Potentiostat untuk menguji EIS dan CV



Pengukuran pH pada fermentasi di hari ke-1



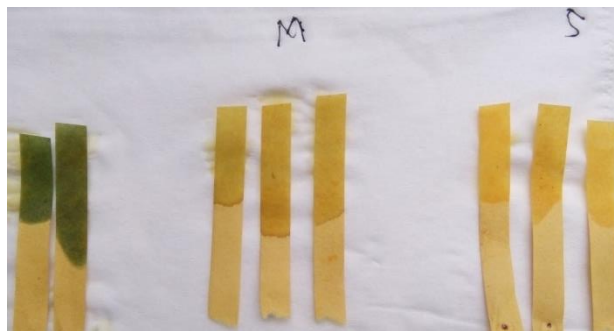
Pengukuran pH pada fermentasi di hari ke-2



Pengukuran pH pada fermentasi di hari ke-3



Pengukuran pH pada fermentasi di hari ke-4



Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-5



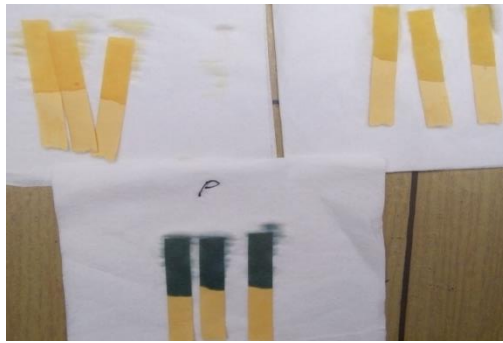
Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-6



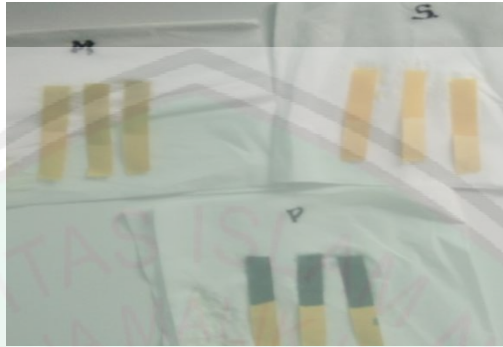
Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-7



Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-8



Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-9



Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-10



Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-11



Pengukuran pH pada fermentasi hari ke-12



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nunik Setyowati
NIM : 14640057
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Kelistrikan Limbah Biomassa Sebagai Gel Elektrolit Baterai
Pembimbing I : Erna Hastuti, M.Si
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M. Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	9 September 2019	Konsultasi Bab I	
2.	17 September 2019	Konsultasi Bab I dan Bab II	
3	25 September 2019	Konsultasi Bab II dan III	
4	30 September 2019	Konsultasi Bab II, III, dan IV	
5	29 Oktober 2019	Konsultasi Bab II dan IV	
6	3 Desember 2019	Konsultasi Bab II dan IV	
7	16 Desember 2019	Konsultasi Bab IV	
8	30 Desember 2019	Konsultasi Bab I, II, III, dan IV	
9	28 Januari 2020	Konsultasi Bab IV, V, dan Acc Seminar Hasil	
10	30 Januari 2020	Konsultasi Kajian Agama	
11	8 Maret 2020	Kosultasi Kajian Agama	
12	18 Maret 2020	Konsultasi semua Bab dan Acc	

Malang, 18 Maret 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003