

## PENGARUH JENIS KULIT PISANG DAN VARIASI WAKTU FERMENTASI TERHADAP KELISTRIKAN DARI SEL ACCU DENGAN MENGGUNAKAN LARUTAN KULIT PISANG

Yasni Novi Hendri<sup>1)</sup> Gusnedi<sup>2)</sup> Ratnawulan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fisika FMIPA UNP

<sup>2)</sup>Staff Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP

yasninovihendri@gmail.com

### ABSTRACT

*One attempt to deal with the energy crisis is the search of alternative energy. Of organic materials as well as inorganic material potentially to serve as alternative energy. Among them, waste banana peels that can be used as a biobaterai. One way to make banana peels as the optimal biobaterai with he does study of electricity generated from biobaterai by making a banana peels as a solution of elektrolitnya using a container of accu. The purpose of this study was to investigate the influence of different types of banana peels and fermentation time variation against electricity from cells using aqueous acid to the skin of a banana. This research was conducted on variation of skin types of bananas (ambon, raja, kepok and mas) and variations of the fermentation time (48, 96, 144 and 189 hours). In this study obtained data current and voltage measurement results of accu by using a solution of banana peels. Based on data obtained optimal banana peels type to serve as biobaterai is ambon banana with the value of the voltage and the current volt 33.08 mA. The fermentation time for 192 hours has obtained value of current and voltage for aqueous banana peels ambon, kepok, King and mas in a row was 33.08 mA and 3.70 volt, 25 mA and 3.23 volt, 24.65 mA and 2.88 volt, and 24.26 mA and 3.02 volt. The length of time the fermentation lowers the pH value of the material. This is because the process of the activity of microorganisms in the materials that increased, so that the electron transfer process took place rapidly resulting in the voltage and current values are getting larger.*

**Keywords :** *Electrical, electron transfer, banana peels and time variation of fermentation.*

### PENDAHULUAN

Manusia memiliki kebutuhan yang tidak tercukupi akan energi. Kebutuhan akan energi setiap saat sangat diperlukan. Energi-energi tersebut dimanfaatkan dalam berbagai sektor dan kegunaan yang bervariasi. Sekitar 32% pengeluaran energi di negara berkembang digunakan untuk transportasi, 25% untuk industri dan lebih dari 40% untuk rumah dan kantor<sup>[1]</sup>. Ini terbukti dari permintaan global terhadap energi yang telah meningkat tiga kali lipat sejak tahun 1950. Hingga tahun 2008 penggunaannya setara dengan 10.000 juta ton minyak setahun<sup>[2]</sup>.

Kebutuhan-kebutuhan akan energi tersebut setiap waktu selalu mengalami peningkatan, maka perlu adanya energi terbarukan yang siap untuk mengatasi masalah tersebut. Menurunnya cadangan minyak bumi sebagai sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, mendorong dilakukannya usaha penghematan energi dan pencarian sumber energi baru sebagai alternatif<sup>[3]</sup>. Jika hal ini tidak dilakukan maka akan terjadi krisis energi yang artinya kebutuhan akan energi tidak sebanding dengan persediaan energi itu sendiri.

Salah satu usaha untuk menghadapi krisis energi adalah pencarian energi alternatif. Energi alternatif merupakan pemanfaatan energi yang

dihasilkan secara praktis. Bahan-bahan organik maupun bahan anorganik berpotensi untuk dijadikan sebagai energi alternatif. Disamping ketersediaannya yang banyak dan ramah lingkungan bahan tersebut juga dapat mendukung kebutuhan energi khususnya penduduk pedesaan di negara-negara berpenghasilan rendah<sup>[4]</sup>. Energi alternatif juga banyak terdapat pada sayur-sayuran, buah-buahan maupun limbah-limbah dari bahan bio seperti limbah kulit pisang.

Limbah kulit pisang dapat digunakan untuk aplikasi biobaterai. Biobaterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik yang bersumber dari makhluk hidup. Kebanyakan manusia jarang berfikir untuk mendaur ulang kulit pisang. Kulit pisang untuk aplikasi biobaterai dapat bertindak sebagai konduktor karena mengandung partikel bermuatan yang disebut ion positif dan negatif. Penggunaan kulit pisang sebagai biobaterai dapat berwujud cairan maupun pasta

Pemanfaatan limbah maupun buah-buahan terhadap energi alternatif saat ini banyak menjadi pusat penelitian oleh para peneliti. Sel lemon (*Citrus limon L.*) dapat menghidupkan kalkulator dengan menggunakan pasangan elektroda Zn/Cu, Zn/C, Mg/Cu dan Mg/C<sup>[5]</sup>. Kulit pisang kepok dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol dengan mem-

variasikan waktu fermentasi (48, 96, 144 dan 192 jam) terhadap kadar etanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum fermentasi 144 jam menghasilkan kadar etanol terbesar yaitu 13,5406 %<sup>[6]</sup>. Disamping itu berbagai jenis buah dan sayur, dapat menyalakan LED, buah tersebut yaitu buah kiwi, lemon, jeruk nipis, jeruk, dan tomat. Sementara seledri, bawang, kentang, dan, apel diperlukan masing-masing 4 buah untuk menyalakan LED. Jenis bahan lebih asam yang dapat menyalakan LED<sup>[7]</sup>.

Keasaman suatu bahan mempengaruhi daya hantar listriknya<sup>[8]</sup>. Baterai dapat menghasilkan listrik karena dalam sebuah baterai terdiri dari dua elektroda dan larutan elektrolit yang memiliki sifat asam. Pada konduktor elektrolit elektron mengalir dibawa oleh ion-ion, sedangkan yang dapat menghasilkan ion antara lain asam, basa dan garam<sup>[8]</sup>. Semakin asam larutan elektrolit, maka konsentrasi ion hidrogennya semakin tinggi dan hantaran arus dari anoda ke katoda semakin besar<sup>[9]</sup>. Keasaman suatu bahan berhubungan dengan fermentasi.

Fermentasi merupakan proses memproduksi energi di dalam sel dalam keadaan tanpa oksigen (anaerob)<sup>[10]</sup>. Pada umumnya fermentasi dilakukan untuk menghasilkan keasaman dari bahan. Setelah waktu fermentasi yang diinginkan selesai, derajat keasamannya dapat diketahui dengan menggunakan pH meter. Bahan yang memiliki keasaman yang kuat menghasilkan nilai pH yang kecil sedangkan bahan yang tingkat keasamaannya lemah menghasilkan nilai pH yang besar. Suatu bahan bersifat asam jika nilai pH-nya <7. Semakin asam (semakin kecil nilai pH) maka konduktivitas listrik larutan tersebut makin besar dan sebaliknya semakin besar nilai pH maka semakin kecil konduktivitas listrik larutan tersebut<sup>[8]</sup>.

Aplikasi terhadap limbah selain sebagai energi alternatif ia juga dimanfaatkan untuk aplikasi yang lain. Limbah berbagai jenis kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai produksi nata. Jenis kulit pisang yang digunakan yaitu pisang kepok, raja, ambon, dan kluthuk<sup>[11]</sup>. Selain itu, limbah kulit pisang mas, pisang raja, dan pisang ambon dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan<sup>[12]</sup>. Namun penelitian terhadap berbagai jenis kulit pisang untuk aplikasi yang lain khususnya energi alternatif belum ada yang melakukan, padahal kulit pisang pada umumnya mengandung beberapa mineral yang dapat berfungsi sebagai elektrolit.

Mineral terbanyak dalam kulit pisang adalah potassium atau kalium ( $K^+$ ) yang berperan dalam proses listrik<sup>[13]</sup>. Disamping itu mineral lain yang berperan dalam kelistrikan kulit pisang yaitu banyaknya kandungan mineral fosfor dan air. Mineral fosfor tersebut dapat meningkatkan konduktivitas suatu bahan<sup>[14]</sup>. Sementara itu air yang mengandung ion-ion dapat berperan dalam proses transfer elektron.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh jenis kulit pisang dan variasi waktu fermentasi terhadap kelistrikannya, dimana pada penelitian ini kulit pisang digunakan sebagai larutan elektrolit yang dimasukkan dalam sel *accu*. Penelitian ini dapat memberikan gambaran terhadap masyarakat terutama yang memproduksi pisang dalam skala banyak tentang pemanfaatan limbah kulit pisang yang awalnya dibuang, namun dengan adanya penelitian ini limbah kulit pisang dapat dimanfaatkan. Diharapkan dengan penelitian ini juga dapat memberikan informasi ilmiah tentang potensi berbagai jenis kulit pisang sebagai energi alternatif khususnya sebagai biobaterai.

Pisang merupakan tanaman buah yang sering dijumpai disetiap pekarangan rumah, kebun atau tegalan. Buah ini dapat berbuah sepanjang tahun tanpa mengenal musim. Umumnya pisang memiliki kulit berwarna hijau, hijau kekuningan, dan juga ada yang berwarna merah. Pisang di Indonesia memiliki banyak jenis seperti pisang barangan, pisang raja, pisang kepok, pisang mas, pisang ambon dan masih banyak jenis pisang yang lain.

Sebagai salah satu negara produsen pisang dunia, Indonesia telah memproduksi sebanyak 6.20% dari total produksi dunia dan 50% produksi pisang asia berasal dari Indonesia<sup>[15]</sup>. Di samping itu Indonesia juga merupakan negara penghasil pisang ke empat di dunia. Tanaman pisang umumnya dikelompokkan menjadi tiga golongan, yakni pisang yang enak dimakan (*Musa paradisiaca L*), pisang yang hanya diambil pelepahnya untuk serat (*Musa textilis Noe*) dan pisang liar yang hanya dipakai untuk tanaman hias (*Musa Zebrina van Houtte*)<sup>[16]</sup>.

Berdasarkan taksonominya, tanaman pisang diklasifikasikan sebagai berikut<sup>[15]</sup>,

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Keluarga	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Species	: <i>Musa spp.</i>

Setiap jenis pisang mengandung komposisi mineral yang berbeda. Komposisi kimia pada berbagai jenis pisang matang secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada umumnya kulit pisang mengandung beberapa mineral yang dapat berfungsi sebagai elektrolit. Mineral dalam jumlah terbanyak dalam kulit pisang adalah potassium atau kalium ( $K^+$ ). Ion kalium ( $K^+$ ) memainkan peran dalam proses listrik<sup>[13]</sup>. Mineral potassium merupakan yang paling banyak dalam kulit pisang yang nantinya berperan sebagai elektrolit. Disamping itu mineral lain yang mempengaruhi kelistrikan kulit pisang yaitu banyaknya kandungan mineral fosfor dan air yang terdapat didalam pisang tersebut.

Mineral Fosfor merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi kelistrikan suatu bahan bio. Fosfor sebagai elektrolit dapat diaplikasikan dalam pembuatan *fuel cell*. *Fuel cell* dengan elektrolit fosfor ini dinamakan *Phosphoric acid Fuel Cell (PAFC)*<sup>[17]</sup>. Mineral fosfor dapat meningkatkan konduktivitas suatu bahan<sup>[14]</sup>. Sementara itu air mengandung partikel bermuatan yang meliputi ion positif dan negatif dapat berperan dalam proses transfer elektron. Banyaknya jumlah ion-ion nantinya akan berperan dalam menghantarkan arus listrik. Apabila suatu bahan yang terdapat ion-ion didalamnya diberikan dua buah elektroda yang memiliki beda potensial maka ion-ion yang ada dalam bahan tersebut akan terdisosiasi dan mengalami proses reaksi elektrolitik. Proses elektrolitik ini dapat mengakibatkan adanya pertukaran ion yang nantinya akan menyebabkan sebuah aliran elektron dari beda potensial yang menghasilkan tegangan dan arus listrik<sup>[18]</sup>.

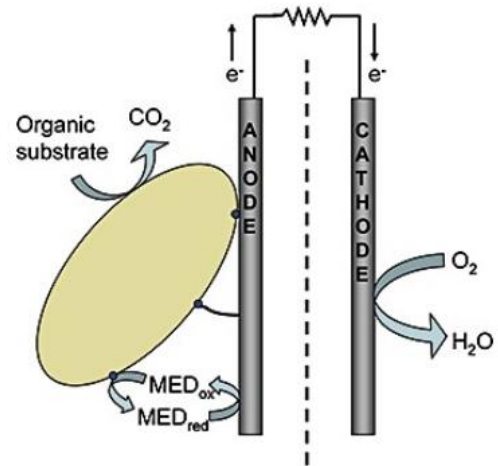
Tabel 1. Komposisi Kimia beberapa Jenis Pisang Matang (Setiap 100 gram)<sup>[19]</sup>

Komposisi zat gizi	Pisang Ambon	Pisang Kepok	Pisang Mas	Pisang Raja
Air (g)	72.9	71.9	64.2	65.8
Energi (kcal)	108	109	127	120
Protein (g)	1	0.8	1.4	1.2
Lemak (g)	0.8	-	0.2	0.2
Karbohidrat (g)	24.3	26.3	33.6	31.8
Serat (g)	1.9	5.7	-	-
Kalsium (mg)	20	10	7	10
Fosfor (mg)	30	30	25	22
Besi (mg)	0.2	0.5	0.8	0.8
Natrium (mg)	10	10	-	-
Tembaga (mg)	0.2	0.1	-	-
Seng (mg)	0.2	0.2	-	-
Karoten (µg)	-	-	79	950
Tiamin (µg)	0.05	0.1	0.09	0.06
Riboflavin	0.11	-	-	-
Niasin	0.1	0.1	-	-
Vitamin C	9	2	2	10

Manfaat buah pisang telah banyak diketahui oleh masyarakat. Namun pemanfaatan terhadap kulit pisang saat ini kurang diketahui oleh masyarakat. Padahal kulit pisang mengandung senyawa air yang cukup banyak. Banyaknya komposisi mineral yang mendominasi pada kulit pisang membuat kulit pisang dapat dimanfaatkan pada berbagai disiplin ilmu. Berbagai jenis kulit pisang seperti kulit pisang kepok kuning, raja, ambon, dan kluthuk dapat dimanfaatkan sebagai nata<sup>[11]</sup>. Disamping itu, kulit Pisang telah diketahui kegunaannya sebagai pengganti tenaga batu baterai<sup>[20]</sup> sebagai bioetanol<sup>[6]</sup>. Berdasarkan hal

tersebut, pemanfaatan terhadap kulit pisang yang lain yaitu sebagai biobaterai dimana larutan kulit pisang dapat berperan sebagai pengganti larutan asam sulfat dalam sel *accu*.

Fermentasi adalah proses memproduksi energi di dalam sel dalam keadaan tanpa oksigen (anaerob)<sup>[10]</sup>. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi suatu bahan antara lain substrat, suhu, pH, oksigen dan mikroba yang digunakan<sup>[21]</sup>. Aktivitas yang terjadi selama fermentasi berupa penguraian mikroorganisme. Semakin lama fermentasi maka semakin banyak mikroorganisme yang aktif<sup>[21]</sup>. Baru-baru ini ditemukan bahwa mikroorganisme dapat melestarikan energi untuk mendukung pertumbuhan dengan mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida dengan langsung mentransfer elektron<sup>[22]</sup>. Elektron yang dihasilkan tersebut bergerak dari potensial tinggi ke potensial rendah sehingga menghasilkan tegangan. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Transfer Elektron oleh Bahan Bio<sup>[23]</sup>

Gambar 1 memperlihatkan proses transfer elektron dari anoda ke katoda. Elektron ditransfer dari mikroorganisme ke anoda melalui tiga mekanisme yang mungkin yaitu kontak langsung, kawat nano, dan mediator redoks. Elektron-elektron itu kemudian melewati sebuah rangkaian listrik dan berakhir di katoda. Elektron tersebut mengurangi akseptor elektron akhir dalam reaksi kimia atau mikroba yang dimediasi. Begitu elektron dikirim ke anoda, elektron tersebut mengalir melalui sebuah rangkaian listrik menuju katoda, di mana elektron tersebut mengurangi akseptor elektron terminal. Dimediasi transfer elektron berarti bolak aktif mediator redoks larut antara mikroorganisme dan anoda. Selama proses transfer elektron dari anoda ke katoda terdapat pergerakan elektron dalam rangkaian yang menghasilkan tegangan dan arus.

Kelistrikan merupakan proses tarik menarik antara muatan yang berbeda. Setiap bahan akan memiliki sifat kelistrikan. Bahan tersebut dapat

digolongkan dalam konduktor, isolator, semi-konduktor atau superkonduktor. Bahan organik pada umumnya bersifat konduktor karena memiliki kadar air yang cukup tinggi<sup>[24]</sup>. Disamping itu, larutan elektrolit dapat bertindak sebagai konduktor karena mengandung partikel bermuatan, yang disebut ion positif dan ion negatif. Dalam bahan konduktor terdapat berbagai sifat kelistrikan yang meliputi kuat arus, potensial listrik, resistifitas, konduktivitas dan lain-lain.

Potensial listrik juga dapat dihasilkan dari sebuah sel elektrokimia karena sel elektrokimia dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik. Hal ini terjadi karena dalam sel tersebut terdapat dua elektroda dalam larutan elektrolit sehingga terjadi reaksi reduksi dan oksidasi dalam sel. Parameter dasar yang mempengaruhi reaksi sel elektrokimia ditentukan oleh persamaan termodinamika dan persamaan kinetika<sup>[25]</sup>. Untuk parameter termodinamika dalam reaksi elektrokimia adalah reaksi *Enthalpy* ( $\Delta H$ ) reaksi pembebasan *Enthalpy* ( $\Delta G$ ) dan reaksi *Entropy* ( $\Delta S$ ). Hubungan dari masing-masing parameter tersebut diperoleh persamaan Nernts ;

$$E = E^{\circ} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{A_P}{A_R} \quad (1)$$

dengan  $E^{\circ}$  adalah potensial standar reaksi redoks,  $R$  adalah konstanta gas ( $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ),  $T$  adalah temperatur (K),  $n$  adalah jumlah elektron yang terlibat,  $F$  adalah konstanta Faraday ( $96,487 \text{ C}$ ),  $A_P$  adalah konsentrasi senyawa elektroaktif dalam bentuk teroksidasi dan  $A_R$  adalah konsentrasi senyawa dalam bentuk tereduksinya<sup>[26]</sup>.

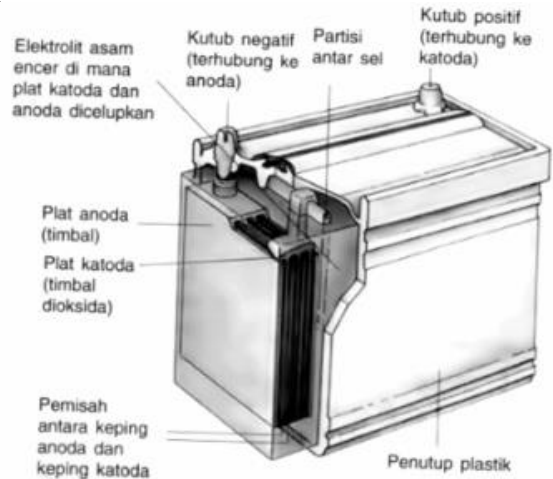
Arus listrik terdiri dari muatan-muatan yang bergerak dari satu daerah ke daerah yang lainnya. Jika gerak muatan ini berlangsung di dalam sebuah lintasan konduksi yang membentuk sebuah simpal tertutup, maka lintasan itu dinamakan rangkaian listrik. Dalam material pengangkut arus yang berbeda, muatan partikel yang bergerak itu dapat positif atau negatif. Dalam logam muatan yang bergerak itu selalu elektron (negatif), sedangkan dalam gas yang terionisasi (plasma) atau larutan ion muatan yang bergerak itu dapat memasukkan kedua elektron dan ion bermuatan positif<sup>[13]</sup>.

Jumlah aliran muatan listrik bergantung pada bahan yang dilalui muatan tersebut dan beda potensial dalam bahan tersebut<sup>[13]</sup>. Pada fluida elektrolit atau gas pada ruang hampa, baik ion positif maupun negatif ikut bergerak bersama elektron (listrik bermuatan negatif)<sup>[27]</sup>. Dalam elektrolisis, arus dihasilkan oleh aliran ion-ion positif yang searah arus ditambah aliran ion-ion negatif dan elektron yang berlawanan arah dengan arus<sup>[28]</sup>.

Kulit pisang sebagai biobaterai pada penelitian ini didasarkan pada prinsip sel Volta. Sel Volta yang terdiri dari dua bahan elektroda dan larutan juga diaplikasikan pada *accu* (baterai). *Accu* adalah sumber tegangan yang berasal dari reaksi kimia,

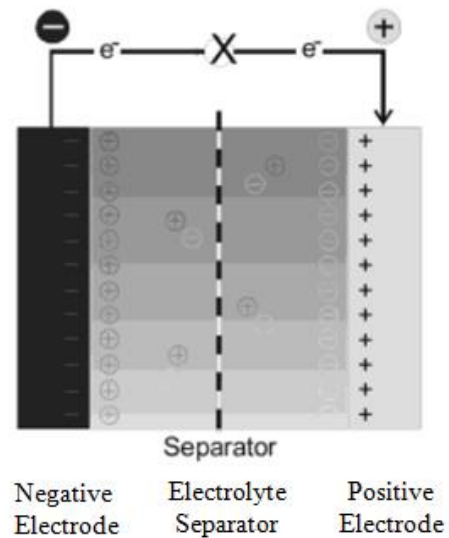
dimana pada saat pengisian atau pengecasan (*charge*) energi listrik diubah menjadi energi kimia dan saat digunakan atau pengeluaran (*discharge*) energi kimia diubah menjadi energi listrik<sup>[29]</sup>.

Adapun bagian-bagian dari *accu* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bagian-Bagian *Accu*<sup>[28]</sup>

Dalam satu sel *accu* terdapat dua buah elektroda yang berperan sebagai anoda dan katoda beserta larutan elektrolitnya. Prinsip dasar dari *accu* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prinsip Dasar Sel *Accu*<sup>[26]</sup>

Gambar 3 memperlihatkan prinsip dasar dari sel *accu*. Prinsip dasar *accu* sama seperti prinsip pasangan elektroda. Ketika dua bahan elektroda yang berbeda dicelupkan ke dalam larutan asam maka akan membangkitkan reaksi kimia yang menghasilkan energi listrik. Sumber tegangan yang mengeluarkan energi listrik berdasarkan pada prinsip pasangan logam (bahan elektroda) seperti *accu* yang disebut sel atau elemen<sup>[30]</sup>.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Biofisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Multimeter digital, kabel jepit buaya, voltmeter, amperemeter, resistor 100 ohm, gelas ukur, pH *electrode blue line 15*, *accu*, blender, saringan, gelas kimia, gelas erlenmeyer, kain kasa, AFO (*Aluminium Foil*), plastik *Wrapping*, empat jenis kulit pisang, air, dan tisu. Sampel pada penelitian ini adalah kulit pisang raja, kepok, mas dan raja yang terdapat dipasaran.

Pemilihan jenis kulit pisang ditentukan dengan mencari literatur-literatur yang berhubungan dengan kulit pisang. Dari literatur yang didapatkan maka akan memberikan gambaran dalam memilih jenis kulit pisang yang digunakan pada penelitian ini. Jenis kulit pisang yang digunakan yaitu kulit pisang ambon, raja, mas dan kepok. Setelah jenis kulit pisang ditentukan, kulit pisang di ambil di tempat produksi gorengan dan pasar sentral.

Kulit pisang yang telah didapatkan selanjutnya dibersihkan dengan air yang mengalir, dikeringkan lalu dihaluskan dengan menggunakan blender dengan volume air yang di tambahkan yaitu 2/3 massa. Selanjutnya kulit pisang disaring dan diukur volume larutan kulit pisang yang telah ditentukan.

Data yang diambil pada penelitian ini yaitu data hasil pengukuran tegangan dan arus pada biobaterai serta nilai pH dari berbagai jenis kulit pisang dan variasi waktu fermentasi. Wadah biobaterai yang telah diisi larutan uji selanjutnya disambungkan dengan voltmeter, amperemeter dan resistor dengan menggunakan kabel dan jepit buaya. Tegangan dan arus yang muncul pada multimeter dicatat setiap jenis kulit pisang Selanjutnya pengukuran diulang dengan menggunakan variasi waktu fermentasi.

Hasil yang diperoleh dari pengukuran tegangan dan arus biobaterai ditabelkan dan dianalisa, kemudian dibuat grafik tegangan, arus, nilai pH pada biobaterai setiap kenaikan waktu fermentasi terhadap jenis kulit pisang dibuat dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Hasil pengolahan data kemudian dibandingkan dengan teori dan hasil- hasil penelitian lain yang terkait.

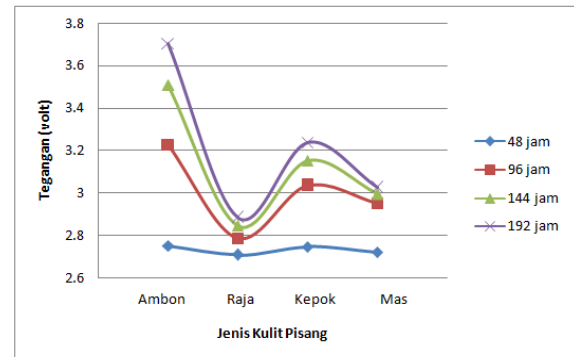
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan kajian pengaruh jenis kulit pisang dan variasi waktu fermentasi terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan limbah kulit pisang. Kelistrikan yang dikaji pada penelitian ini meliputi kuat arus dan tegangan. Waktu fermentasi yang divariasikan yaitu 48, 92, 144 dan 196 jam.

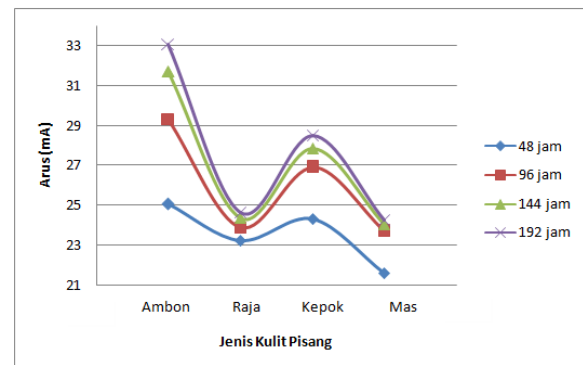
Berdasarkan data hasil penelitian, diperoleh suatu grafik yang menggambarkan pengaruh jenis

kulit pisang dan variasi waktu fermentasi terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang.



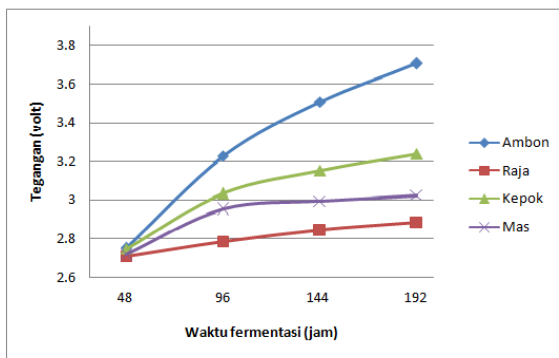
Gambar 4. Grafik Hubungan Jenis Kulit Pisang terhadap Nilai Tegangan dari Sel *Accu* dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang

Berdasarkan Gambar 4, terdapat pengaruh jenis kulit pisang terhadap tegangan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Larutan uji kulit pisang ambon menunjukkan nilai tegangan terbesar. Setelah itu disusul oleh larutan uji kulit pisang kepok. Sedangkan jenis larutan uji yang menghasilkan nilai tegangan terendah adalah larutan uji kulit pisang raja.



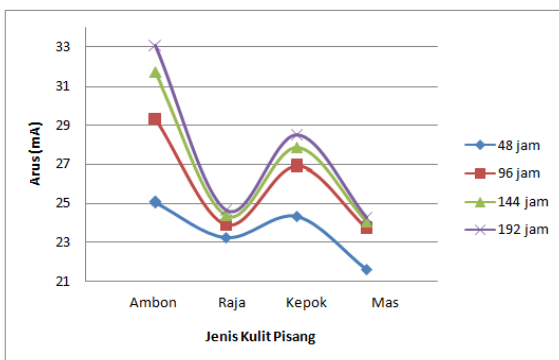
Gambar 5. Grafik Hubungan Jenis Kulit Pisang terhadap Nilai Arus dari Sel *Accu* dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang

Gambar 5 memperlihatkan bahwa nilai arus yang dihasilkan masing-masing jenis kulit pisang menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Sementara itu hubungan antara tegangan dengan arus adalah sebanding. berdasarkan data nilai arus yang didapatkan menyatakan bahwa larutan uji yang menghasilkan nilai arus terbesar sampai terkecil adalah pisang ambon, kepok, mas dan raja. Perbedaan nilai kelistrikan disebabkan karena jumlah ion-ion yang terdapat pada masing-masing larutan uji berbeda.



Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Waktu Fermentasi terhadap Nilai Tegangan dari Sel *Accu* dengan menggunakan Larutan Kulit Pisang

Gambar 6 mendeskripsikan pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap nilai tegangan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Dari gambar tersebut terdapat hubungan antar waktu fermentasi dengan nilai tegangan yang dihasilkan dari sel *accu*. Dimana, semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi nilai tegangan yang dihasilkannya. Jadi, nilai tegangan tertinggi terdapat pada waktu fermentasi maksimum dengan nilai tegangan mencapai 3.7064 volt, sedangkan nilai tegangan terendah terdapat pada waktu fermentasi minimum dengan nilai 2.708 volt.



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Waktu Fermentasi terhadap Nilai Arus dari Sel *Accu* dengan menggunakan Larutan Kulit Pisang

Gambar 7 memperlihatkan gambaran pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap nilai arus dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Dari gambar memperlihatkan bahwa nilai arus yang dihasilkan setiap kenaikan waktu fermentasi mengalami perubahan dengan nilai yang lebih besar. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai arus yang dihasilkan sel *accu* selalu meningkat pada setiap kenaikan waktu fermentasi.

## 2. Pembahasan

Mengacu pada hasil penelitian didapatkan pembahasan terkait pengaruh jenis kulit pisang dan variasi waktu fermentasi terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Jenis kulit pisang yang digunakan pada penelitian ini yaitu pisang ambon, raja, kepok dan mas. Penelitian dilakukan pada suhu 25 °C dengan variasi waktu fermentasi 48, 96, 144 dan 192 jam. Masing-masing larutan uji diukur kelistrikan dan nilai pH-nya pada setiap variasi waktu fermentasi. Kelistrikan yang diukur pada penelitian ini yaitu kuat arus dan tegangan. Larutan uji diganti setiap kali pengukuran untuk masing-masing variasi waktu fermentasi. Pengukuran nilai arus dan tegangan dilakukan bersamaan untuk satu larutan uji dan dilakukan pengulangan sebanyak lima kali. Hasil pengukuran yang dilaporkan nantinya adalah nilai rata-rata arus dan tegangan dari masing-masing larutan uji untuk setiap kenaikan waktu fermentasi.

Pada penelitian ini wadah biobaterai yang digunakan yaitu *accu* yang memiliki 3 sel. Setiap satu sel *accu* menghasilkan 2 volt, sehingga *accu* yang digunakan pada penelitian ini bertegangan maksimal 6 volt. Jumlah *accu* yang digunakan pada penelitian ini yaitu empat *accu* dengan merk yang sama dan ukuran yang sama, karena larutan uji yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 4 jenis larutan kulit pisang yang berbeda. Setiap *accu* diberi label sesuai dengan nama jenis kulit pisang yang digunakan sebagai larutan uji. setelah dilakukan penelitian awal *accu* ini memiliki volume 90 ml untuk masing-masing selnya.

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat pengaruh jenis kulit pisang terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Hasil penelitian menyatakan bahwa nilai kuat arus dan tegangan pada masing-masing jenis kulit pisang untuk waktu fermentasi yang sama menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Perbedaan nilai kelistrikan pada setiap jenis kulit pisang ini dipengaruhi oleh banyaknya kandungan mineral yang terdapat pada setiap jenis kulit pisang.

Berdasarkan teori yang didapatkan diantara kandungan mineral yang mempengaruhi kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang adalah kandungan air dan fosfor. Air berperan penting dalam menghantarkan listrik karena air mengandung ion-ion. semakin banyak jumlah air yang dihasilkan suatu bahan maka semakin banyak ion-ion yang berperan dalam proses menghantarkan listrik. hal ini sesuai dengan teori yang didapatkan bahwa kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik bergantung pada jumlah ion yang dikandungnya. Jika diberikan dua buah elektroda maka larutan kulit pisang yang menghasilkan ion-ion tersebut bergerak sehingga terjadi proses transfer elektron dari anoda ke katoda yang menghasilkan keluaran berupa arus dan tegangan. Hasil penelitian

menyatakan bahwa pisang ambon menghasilkan nilai kelistrikan tertinggi. Hal ini sesuai dengan teori didapatkan bahwa pisang ambon menghasilkan kandungan air terbesar diantara jenis pisang yang lain.

Disamping itu, banyaknya kandungan fosfor pada pada setiap jenis kulit pisang juga mempengaruhi nilai kelistrikan yang dihasilkan dari sel *accu*. Mineral fosfor dapat meningkatkan konduktivitas suatu bahan<sup>[14]</sup>. Banyaknya kandungan fosfor dalam setiap bahan akan membuat bahan tersebut lebih mudah menghantarkan listrik. Dari literatur yang telah didapatkan, jenis kulit pisang dengan jumlah kandungan fosfor terbanyak terdapat pada pisang ambon. Hal ini akan dapat memperkuat kesesuaian teori dengan hasil penelitian yang telah dilakukan yang menyatakan bahwa pisang ambon menghasilkan nilai tegangan dan kuat arus tertinggi di antara jenis kulit pisang yang lainnya.

Jadi, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, jenis kulit pisang berpengaruh terhadap kelistrikan dari sel *accu*. Diantara pengaruhnya yaitu banyaknya jumlah kandungan fosfor dan air pada masing-masing jenis pisang. Jenis kulit pisang yang optimal untuk dijadikan sebagai biobaterai yaitu pisang ambon dengan tegangan maksimal yaitu 3.7064 volt dan arus 33.08 mA.

Pada penelitian ini juga dilakukan kajian pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Variasi waktu fermentasi yang digunakan terdapat empat variasi yaitu 48, 96, 144 dan 192 jam. Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan setiap kenaikan waktu fermentasi.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai arus dan tegangan yang semakin meningkat pada setiap kenaikan waktu fermentasi. Terdapat peningkatan nilai arus dan tegangan untuk masing-masing larutan uji serta penurunan nilai pH. Menurunnya nilai pH dapat diartikan bahwa bahan tersebut semakin bersifat asam.

Variasi waktu fermentasi berpengaruh terhadap kelistrikan dari sel *accu*. Diantara faktor yang mempengaruhinya yaitu nilai pH dari larutan uji. Untuk mendapatkan nilai kelistrikan yang tinggi maka larutan uji yang digunakan harus memiliki nilai pH yang kecil. Sementara itu, untuk mendapatkan nilai kelistrikan yang tinggi pada setiap kenaikan waktu fermentasi dibutuhkan nilai pH yang semakin menurun. Menurunnya nilai pH disebabkan karena adanya aktivitas bakteri (mikroorganisme) dalam bahan<sup>[21]</sup>. Selama proses fermentasi terjadi aktivitas mikroorganisme dalam bahan.

Aktivitas yang terjadi selama fermentasi berupa penguraian mikroorganisme. Semakin lama fermentasi maka semakin banyak mikroorganisme yang aktif<sup>[21]</sup>. Baru-baru ini ditemukan bahwa mikroorganisme dapat melestarikan energi untuk mendukung pertumbuhan dengan mengoksidasi

senyawa organik menjadi karbon dioksida dengan langsung mentransfer elektron<sup>[22]</sup>.

Dari hasil penelitian yang didapatkan, menyatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka nilai kelistrikan (arus dan tegangan) dari sel *accu* akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan selama proses fermentasi terjadi penurunan nilai pH akibat dari aktivitas mikroorganisme dalam bahan semakin meningkat. Sementara itu semakin lama fermentasi maka semakin banyak mikroorganisme yang aktif<sup>[21]</sup>. Mikroorganisme tersebut mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida dengan langsung mentransfer elektron. Selama proses transfer elektron ini terdapat keluaran berupa arus dan tegangan.

Jadi, variasi waktu fermentasi berpengaruh terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Hal-hal yang mempengaruhinya yaitu semakin menurunnya nilai pH setiap bahan yang disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme dalam bahan semakin meningkat, sehingga mikroorganisme tersebut mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida dengan langsung mentransfer elektron. Selama proses transfer elektron terjadi pergerakan ion-ion dari anoda ke katoda yang menghasilkan nilai arus dan tegangan. Variasi waktu fermentasi yang menghasilkan nilai kelistrikan yang paling optimal yaitu pada saat waktu fermentasi 192 jam dengan tegangan yang dihasilkan yaitu 3.7064 volt serta arus 33.08 mA.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan. Terdapat pengaruh jenis kulit pisang terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Semakin banyak jumlah air dan fosfor yang terkandung dalam pisang tersebut, maka semakin tinggi nilai kelistrikan yang dihasilkannya. Variasi waktu fermentasi berpengaruh terhadap kelistrikan dari sel *accu* dengan menggunakan larutan kulit pisang. Semakin lama waktu fermentasi maka bahan semakin bersifat asam yang ditunjukkan dengan nilai pH yang semakin menurun. Menurunnya nilai pH disebabkan karena aktivitas mikroorganisme dalam bahan semakin meningkat, sehingga mikroorganisme tersebut mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida dengan langsung mentransfer elektron. Banyaknya ion-ion yang ditransfer dalam sebuah rangkaian menyebabkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Walisiewicz, Marek. 2003. *Energi Alternatif*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Prihandana, Rama & Hendroko, Roy. 2008. *Energi Hijau*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- [3] Sardjoko. 1991. *Bioteknologi Latar Belakang dan beberapa Penerapannya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Markandya, et al. 2007. *Electricity generation and health*. [www.thelancet.com](http://www.thelancet.com) Vol 370 September 15, 2007. Hlm. 979--990.
- [5] Daniel. J. S and Charlotte. M. 1997. *Lemon Cells Revisited – The Lemon-Powered Calculator*. *Journal of Chemical Education*. Department of Chemistry, Tennessee Technological University. Hlm.181--184.
- [6] Retno & Nuri. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Prosiding Seminar Teknik Kimia FTI UPN. ISSN: 1693-4393.
- [7] Matthews, Jesse. 2011. *The Effect of Using Various Fruits and Vegetables on the Ability to Power Small Light Bulbs*. TPMS Journal of Science.
- [8] Purnomo, Heri. 2010. *Pengaruh Keasaman Buah Jeruk terhadap Konduktivitas Listrik*. Vol.6 No.2 Juli 2010. Hlm. 276--281
- [9] Andinata, et al. 2012. *Pengaruh pH Larutan Elektrolit terhadap Tebal Lapisan Elektroplating Nikel pada Baja ST 37*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasi (JPFA). ISSN: 2087-9946. Hlm. 48—52.
- [10] Saptorningsih., Jatnika. 2012. *Membuat Olahan Buah*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- [11] Purwanto, Agus. 2012. *Produksi Nata Menggunakan Limbah beberapa Jenis Kulit Pisang*. ISSN 0854-1981. Hlm. 210--224.
- [12] Rosa, Pane Elfira. 2013. *Uji Aktivitas Senyawa Antioksidan dari Ekstrak Metanol Kulit Pisang Raja (Musa Paradisiaca Sapientum)*. ISSN : 1978 – 8193. Hlm. 76--81.
- [13] Young & Freedman. 2012. *University Physics : with Modern Physics. -- 13th ed*. Francis Weston: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- [14] Sulamdari & Sri, Lely. 2000. *Karakterisasi Sambungan P-N Hasil Implantasi Ion Fosfor pada Lapisan Semikonduktor Tipe P*. ISSN 1411-1349. Hlm. 123--131.
- [15] Suyanti & Supriyadi, Ahmad. 2008. *Pisang, Budidaya, Pengolahan dan Prospek Pasar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [16] Soetanto, Edy. 1998. *Membuat Keripik Pisang*. Yogyakarta: Kanisius.
- [17] Milewski et al. 2011. *Advanced Methods Of Solid Oxide*. New York: British Library Cataloguing in Publication Data.
- [18] Suyani, H. 2010. *Kimia Dasar I untuk Universitas. Kimia – FMIPA*. Universitas Andalas: Padang.
- [19] Puspaningtyas, Ervira Destya. 2013. *The Miracle of Fruits*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- [20] Ningsih, Yuni Satria., Gusnedi, & Darvina. 2014. *Pengaruh Penambahan Aquadest dan Air Accu terhadap Arus dan Tegangan dari Sel Accu dengan Menggunakan Air Singkong Karet (Manihot Glaziovii. M.A). pillar of pPhysics*, Vol. 1. April 2014. Hlm. 105--112.
- [21] Kunaepah, U. 2008. *Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [22] Lovley, Derek R. 2006. *Bug Juice: Harvesting Electricity with Microorganisms*. [www.nature.com/reviews/micro](http://www.nature.com/reviews/micro). volume 4. Hlm. 497--508.
- [23] Schamphelair, et al., 2008. *Outlook for Benefits of Sediment Microbial Fuel Cells with Two Bio-electrodes*. doi:10.1111/j.1751-7915.2008.00042. Hlm. 446--462.
- [24] Roza, Mella., Gusnedi, & Ratnawulan. 2013. *Kajian Sifat Konduktansi Membran Kitosan pada berbagai Variasi Waktu Perendaman dalam Larutan Pb*. *Pillar of Physics*, vol 1. Hlm. 60—67.
- [25] Dhameja, S. 2002. *Electric Vehicle Battery Systems*. Newnes: United Stated.
- [26] Whittingham. et al. 2004. *Batteries and Fuel Cells*. Volume 104 Number 10. DOI: 10.1021/cr020705e.
- [27] Suharto. 1995. *Teori Bahan dan Pengaturan Teknik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- [28] Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [29] Romadona, et al. 2014. *Penentuan Besar Energi Listrik Aki dengan Memvariasikan Jumlah Air Suling (H<sub>2</sub>O) dan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)*. JOM FMIPA Volume 1 No. 2. Hal: 200.
- [30] Soedjojo, Peter. 2004. *Fisika Dasar*. Yogyakarta :C.V Andi Offset.