

Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta

Sri Wahyu Suciyati^{(1)*}, Suci Asmarani⁽¹⁾, Amir Supriyanto⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung 35145

*E-mail: sri.wahyu@fmipa.unila.ac.id

Diterima (4 Oktober 2018), Direvisi (18 oktober 2018)

Abstract. It has been conducted a research to analyze *Citrus sp* as voltaic cell electrolyte liquid based on pH and fruit condition on its electrical properties. The research objective was to utilize citrus *sp* waste as an alternative source of electrical energy bio-battery. The materials required consists of a copper electrode (Cu), zinc (Zn), electrolyte liquid (50ml) from lime, lemon, medan orange and pontianak orange. Electrode copper Cu used as cathode and zinc (Zn) as anode. The conditions of liquid variations fresh, fermentation 48 hours, and putridity. The acidity level of the liquid was measured using pH meter. The best result of measuring without a load was found in putrid liquid of lemon, which was 19,36 V. Measurement using 1000 Ω of load was obtained best result in the 48 hours fermentation of lime liquid, that are 2,369 mW, 0,762 mA and 3,11 V. For the measuring with additional LED, the best results are the liquid of lemon dan lime with permentation 48hours, with maximum 9 LED. The results are 7,144mW and 8,534 mW.

Keyword. Bio-battery, electrolyte liquid, cell volta, power.

Abstrak. Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis buah jeruk sebagai larutan elektrolit sel volta. berdasarkan hubungan pH dan kondisi buah terhadap sifat kelistrikannya. Tujuan penelitian adalah memanfaatkan limbah buah jeruk sebagai sumber energi alternatif bio-baterai. Bahan yang digunakan terdiri atas elektroda tembaga (Cu), seng (Zn), Larutan elektrolit dari larutan buah jeruk nipis, larutan buah jeruk lemon, larutan buah jeruk medan, larutan buah jeruk pontianak dengan volume 50 ml. Cu sebagai katoda dan Zn sebagai anoda. Larutan elektrolit berasal dari variasi buah jeruk yang dikondisikan saat segar, fermentasi 48 jam, dan busuk alami. Tingkat keasaman larutan diukur menggunakan pH meter. Hasil pengukuran tegangan tanpa beban terbaik didapatkan pada larutan jeruk lemon busuk, yakni 19,36 V. Pengukuran dengan menggunakan beban 1000 Ω didapatkan hasil terbaik pada larutan jeruk nipis fermentasi 48 jam, yaitu 2,369 mW, 0,762 mA, dan 3,11 V. Pengukuran dengan penambahan LED, hasil terbaik pada larutan jeruk lemon dan jeruk nipis fermentasi 48 jam dengan nilai daya 7,144 mW dan 8,534 mW.

Kata kunci. Bio-baterai, larutan elektrolit, sel volta.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang masih bergantung pada minyak bumi dan batu bara sebagai sumber energi utamanya. Saat ini jumlah persediaan minyak bumi dan batu bara semakin berkurang karena karakteristik sumber energi tersebut tidak dapat diperbaharui. Sebaliknya, kebutuhan energi semakin meningkat sehingga timbul pencarian energi baru sebagai usaha alternatif untuk mencukupi kebutuhan energi.

Energi alternatif merupakan sumber energi yang dihasilkan dari bahan-bahan yang belum pernah dimanfaatkan sebelumnya. Saat ini penelitian mengenai energi alternatif semakin marak dilakukan terutama energi alternatif yang bersumber dari alam serta dapat diperbaharui.

Bio-baterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik bersumber dari makhluk hidup. Buah-buahan menjadi bahan yang paling berpotensi menjadi bio-baterai. Penelitian yang dilakukan [1] berhasil memanfaatkan sampah kulit pisang

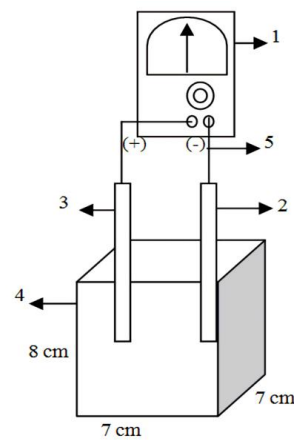
dan kulit durian sebagai bahan alternatif pengganti pasta batu baterai. Sementara, preparasi pada sel bio-volta dari ekstraksi tanaman berbeda, yakni kulit sayuran, bunga Marigold, belimbing, daun Akashmoni dan bunga Tagar telah diteliti oleh [2]. Hasilnya, dengan menggunakan pasangan elektroda Zn-C, ekstraksi belimbing mendapatkan hasil terbaik dengan 11.06 V dan 26.74 mA.

[3] melakukan pembuatan biomaterial dari limbah kulit pisang dengan menambahkan kanji dan garam NaCl, MgCl, dan KCl. Hasil terbaik didapatkan pada limbah pisang raja bulu yang ditambah garam KCl dengan massa 0,75 gram. Hal ini didasari oleh elektrolit batu baterai yang bersifat asam, sehingga buah yang bersifat asam dan banyak mengandung KCl dapat dijadikan alternatif elektrolit [4] *Citrus* atau jeruk merupakan salah satu jenis buah-buahan yang terkenal akan keasamannya karena banyak mengandung asam sitrat ($C_6H_8O_7$) [4]. Selain itu, jeruk juga mengandung kalsium, fosfor, dan besi. Keunggulan lain dari buah jeruk adalah ketersediaannya yang melimpah serta limbah kulit jeruk juga memiliki kandungan asam yang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bio-baterai. Berdasarkan referensi diatas, penelitian sejenis dilakukan dengan menganalisis jenis jeruk yang baik sebagai larutan elektrolit pada bio-baterai, sehingga dapat menjadi sumber energi listrik terbaharui yang ramah lingkungan.

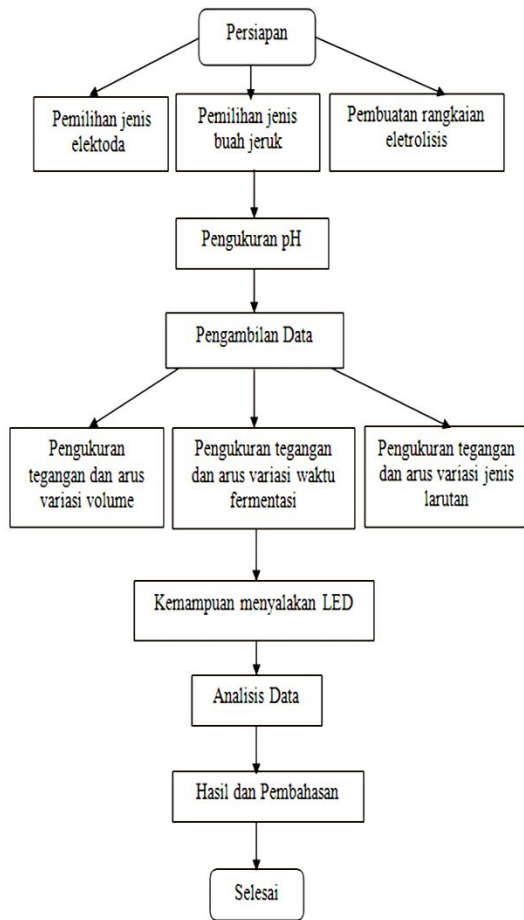
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan antara lain multimeter, kabel, penjepit buaya, pH meter, resistor, lampu LED, gelas ukur, saringan, akrilik, perekat, elektroda Cu dan Zn, jeruk nipis, lemon, jeruk medan dan jeruk pontianak serta air.

Sel elektrolisis dibuat menggunakan bahan akrilik yang dibentuk seperti balok tanpa tutup dengan ukuran 7 x 7 x 8 cm. Elektroda positif (Cu) dan elektroda negatif (Zn) ditempatkan pada masing-masing sel dan terhubung dengan multimeter untuk mengetahui nilai tegangan dan arus dari sel tersebut. Pengujian selanjutnya adalah menghidupkan lampu LED hingga batas kemampuan maksimal menggunakan daya sel elektrolit. Media uji terlihat pada **Gambar 1** dan prosedur penelitian dalam bentuk diagram alir ditunjukkan **Gambar 2**.



Gambar 1. Rangkaian alat (1) multimeter, (2) elektroda negatif, (3) elektroda positif, (4) wadah penampung larutan, (5) kabel penghubung

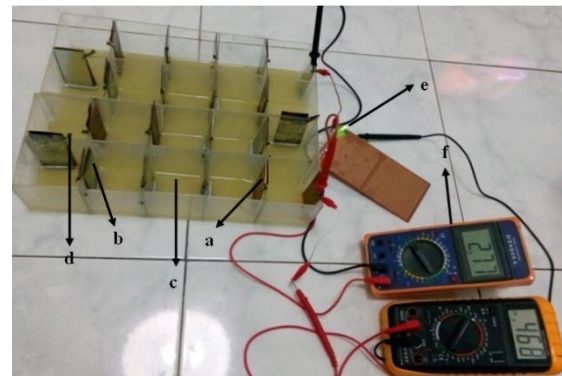


Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan elektrolit yang digunakan adalah air perasan jeruk dari berbagai jenis, yaitu jeruk nipis, jeruk lemon, jeruk medan dan jeruk pontianak. Data tegangan dan arus yang terukur pada sel elektrolisis adalah hasil variasi bahan elektrolit buah jeruk dalam keadaan segar, fermentasi dan busuk secara alami.

Bahan elektroda yang digunakan adalah Cu sebagai katoda (+) dan Zn sebagai anoda (-) yang dipotong-potong dengan ukuran 9 x 4 cm dan dipasangkan pada tiap-tiap sel. Larutan elektrolit jeruk ini di pasang pada sebuah rangkaian elektrolit yang berisi 20 buah sel (kotak). Pemilihan elektroda ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan [5] tentang analisis



Gambar 3. Rangkaian uji yang terdiri dari (a) elektroda positif, (b) elektroda negatif, (c) larutan elektrolit jeruk, (d) penjepit buaya, (e) LED, (f) multimeter.

kelistrikan sel volta memanfaatkan logam bekas yang menghasilkan pasangan elektroda Cu-Zn sebagai pasangan elektroda terbaik. Sementara, [6]melakukan analisis karakteristik elektrik elektrolit pada elektroda C-Zn, Cu-Al, dan Cu-Zn. Hasilnya, dengan menggunakan elektrolit air laut, pasangan Cu-Zn juga menghasilkan tegangan yang paling besar dibandingkan pasangan elektroda yang lain.

Secara keseluruhan rangkaian pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pada rangkaian pasangan elektroda negatif dan elektroda positif yang diletakkan pada setiap sel kemudian antara sel satu dengan yang lain dihubungkan dengan penjepit buaya. Multimeter digunakan untuk mendapatkan data nilai arus dan tegangan sedangkan LED sebagai beban tambahan

Setiap sel berisi larutan sari jeruk untuk masing-masing jenis jeruk dengan variasi kondisi buah keadaan segar, fermentasi selama 48 jam, dan jeruk busuk alami. Pengukuran tegangan dilakukan pada tiap-tiap sel tanpa menggunakan beban, selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan dan arus dengan menggunakan beban 1000Ω (9 LED) yang diukur setiap 5 menit selama 1 jam.

Pengukuran pertama, yaitu pengukuran tegangan pada masing-masing sel dengan sampel larutan elektrolit dari jeruk lemon

busuk alami. Rata-rata besar tegangan tiap sel adalah 0,9 V dan saat digabungkan ke-20 buah sel, rerata hasil yang didapatkan adalah 19 V. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan [7] bahwa banyak jumlah sel elektrolit biomassa mempengaruhi peningkatan karakteristik elektrik tegangannya (**Tabel 1**).

Tabel 1. Data tegangan masing-masing sel (tanpa pembebanan) menggunakan larutan elektrolit jeruk lemon busuk.

Tegangan sel (volt) berdasarkan jumlah volume				
Jumlah sel	Volume (20 ml)	Volume (30 ml)	Volume (40 ml)	Volume (50 ml)
1	0,924	0,906	0,961	0,983
2	0,934	0,903	0,915	0,978
3	0,932	0,953	0,963	0,948
4	0,942	0,999	0,906	0,921
5	0,934	0,984	0,977	0,909
6	0,928	0,997	0,905	0,907
7	0,938	0,991	0,921	0,933
8	0,931	0,994	0,948	0,944
9	0,939	0,901	0,913	0,946
10	0,918	0,993	0,966	0,998
11	0,900	0,957	0,933	0,981
12	0,938	0,990	0,951	0,957
13	0,937	0,968	0,935	0,933
14	0,934	0,907	0,942	0,942
15	0,934	0,981	0,933	0,910
16	0,935	0,996	0,908	0,946
17	0,934	0,986	0,936	0,968
18	0,933	0,985	0,946	0,977
19	0,942	0,990	0,965	0,991
20	0,940	0,986	0,965	0,986

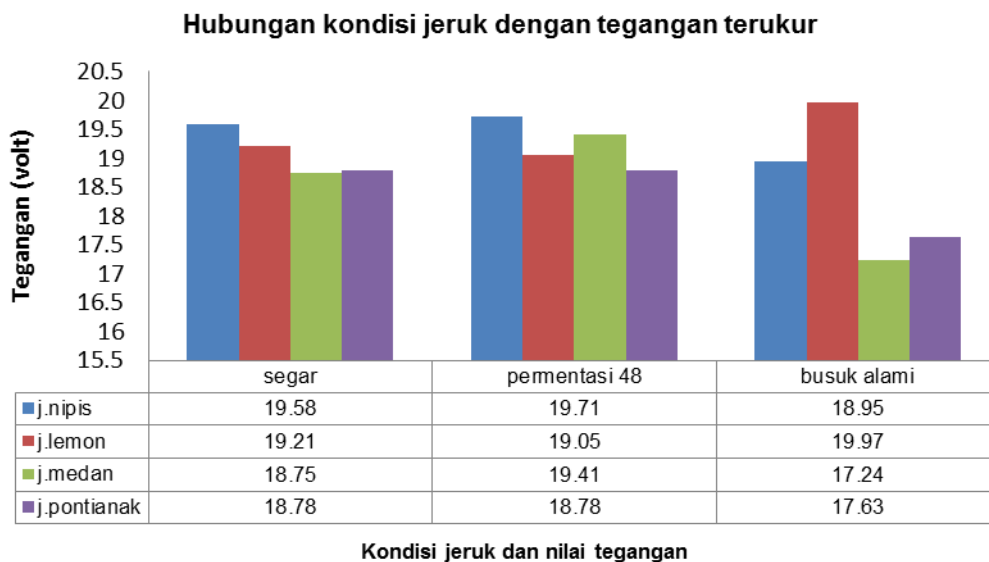
Bila dilihat berdasarkan variasi volume, nilai tegangan yang dihasilkan pada **Tabel 1** memiliki nilai selisih yang sangat kecil. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa variasi volume tidak mempengaruhi nilai pengukuran tegangan masing-masing sel elektroda, namun peningkatan jumlah sel berpengaruh terhadap kenaikan tegangan.

Pengukuran selanjutnya bertujuan untuk mengetahui besar tegangan yang dihasilkan

dari sel elektrolit tanpa dibebani apabila bahan elektrolit berasal dari berbagai jenis jeruk. Volume larutan elektrolit masing-masing sel adalah 50 ml dengan jenis jeruk dalam berbagai kondisi yaitu jeruk nipis, jeruk lemon, jeruk medan dan jeruk pontianak. **Tabel 2** menunjukkan keadaan tegangan dan pH dari keseluruhan sel elektroda dengan variasi bahan elektrolit.

Tabel 2. Data tegangan dan pH terukur dari empat jenis jeruk dengan perbedaan kondisi buah

Tegangan terukur (volt) dari berbagai kondisi buah			
	Segar / pH	Permentasi 48 jam / pH	Busuk alami / pH
Jeruk nipis	19,58 / 2,8	19,71 / 2,8	18,95 / 3,0
Jeruk lemon	19,21 / 2,9	19,05 / 2,9	19,97 / 3,0
Jeruk medan	18,75 / 4,7	19,41 / 4,0	17,24 / 4,5
Jeruk pontianak	18,78 / 4,6	18,78 / 4,1	17,63 / 4,3



Gambar 4. Grafik tegangan tanpa beban dari berbagai jenis jeruk terhadap variasi kondisi

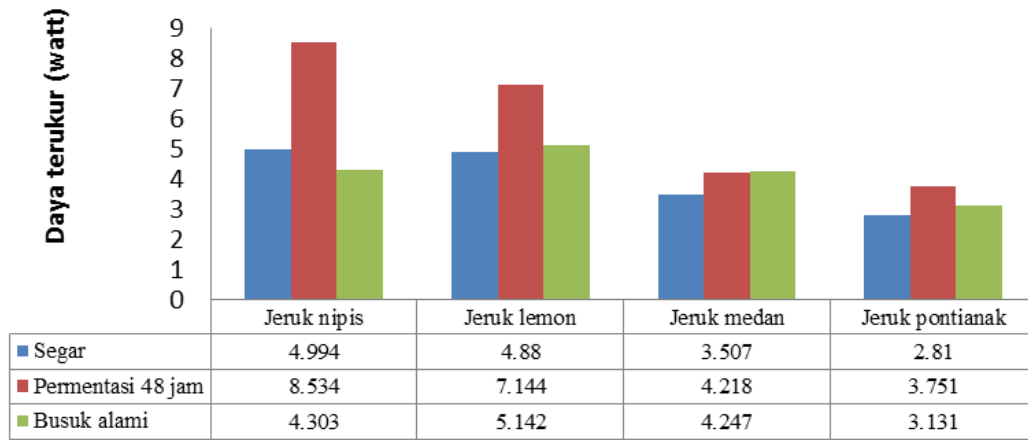
Berdasarkan tabel 2, tingkat keasaman buah jeruk yang diukur menggunakan pH meter secara umum menunjukkan penurunan terutama pada jeruk nipis dan jeruk lemon, sedangkan pada jeruk medan dan jeruk pontianak mengalami kenaikan tingkat keasaman. Secara grafik hubungan tegangan dan tingkat keasaman secara implisit ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Kondisi jeruk yang bervariasi dari segar, dipermentasi 48 jam dan busuk alami menunjukkan adanya fluktuasi tegangan terukur pada masing-masing sel berbahan elektrolit jeruk. Dari **gambar 4** terlihat untuk bahan elektrolit larutan jeruk lemon, tegangan terukur menunjukkan kenaikan yang signifikan pada kondisi busuk alami yaitu 19,97 volt dengan pH larutan 3,0. Dari tinjauan tingkat keasaman, pada ketiga kondisi, jeruk lemon dan jeruk nipis tidak memiliki perbedaan jauh, namun proses

pembusukan alami menyebabkan penurunan tegangan terukur pada jeruk nipis akibat kerusakan struktur kimianya.

Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan memberi beban pada sel elektrolisis. Pengukuran ini mendapatkan grafik hubungan antara daya terhadap variasi bahan elektrolit dan kondisi bahan seperti pada **Gambar 5**. Berdasarkan grafik didapatkan bahwa hubungan variasi kondisi bahan elektrolit terhadap daya adalah berbanding terbalik, dimana daya terbesar berada pada kondisi bahan elektrolit yang masih segar dengan nilai pH rendah. Hasil terbesar dari pengukuran didapatkan pada larutan elektrolit jeruk nipis fermentasi 48 jam. Keadaan ini dipengaruhi oleh tingkat keasaman pada buah jeruk nipis segar lebih kuat dibandingkan ketiga jeruk lainnya yang berarti semakin banyak ion yang dihasilkan

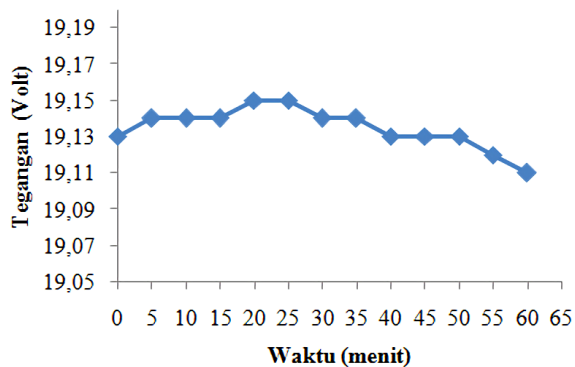
Daya terukur pada sel elektrolisis dengan variasi bahan elektrolit (50 ml)



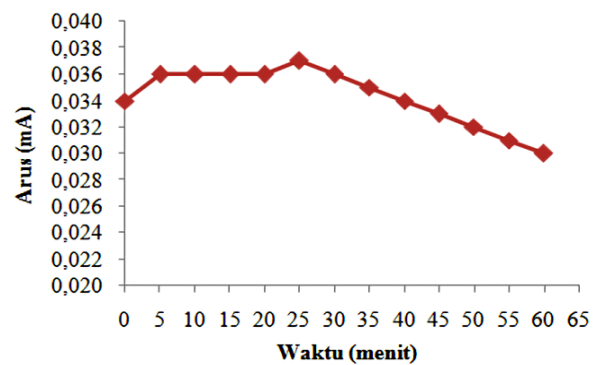
Jenis jeruk dan nilai daya terukur

Gambar 6. Grafik kenaikan daya (watt) terhadap kondisi bahan elektrolit (jeruk)

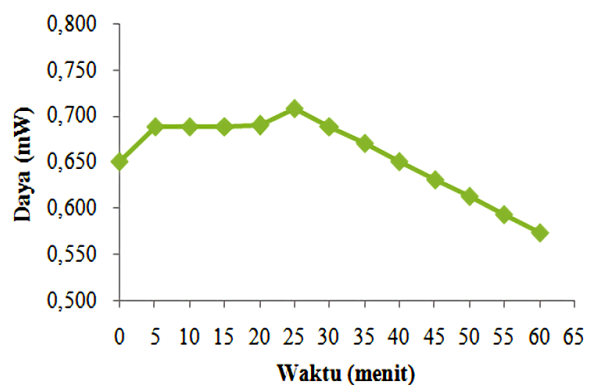
dalam larutan jeruk nipis sehingga arus listrik juga semakin besar. Semakin kuat tingkat keasaman bahan konduktor elektrolit, maka semakin banyak ion-ion yang mampu dihantarkan pada kedua sel elektrod. Untuk mengetahui pengaruh kondisi bahan elektrolit terhadap kemampuan maksimalnya menghidupkan LED maka dilakukan pengukuran pada larutan (volume 50 ml) dengan waktu pengukuran setiap 5 menit selama 1 jam. Nilai tegangan, arus dan daya untuk tiap pengukuran waktu ditunjukkan pada **Gambar 7**, **Gambar 8**, dan **Gambar 9** dengan hasil terbesar didapatkan pada larutan jeruk nipis fermentasi 48 jam seperti berikut.



Gambar 7. Grafik hubungan tegangan terhadap waktu larutan jeruk nipis (50 ml) fermentasi 48 jam



Gambar 8. Grafik hubungan arus terhadap waktu larutanjeruk nipis (50 ml) fermentasi 48 jam.



Gambar 9. Grafik hubungan daya terhadap waktu larutanjeruk nipis (50 ml) fermentasi 48 jam.

Tegangan mengalami penurunan dari tegangan awal sebesar 19,13 V menjadi 19,11 V pada menit ke-60 (**Gambar 7**). Sedangkan tegangan tertinggi dihasilkan sebesar 19,15 V pada waktu ke-20 dan 25 menit. Pengukuran arus awal (**Gambar 8**) diperoleh 0,034 mA, namun mengalami penurunan menjadi 0,030 mA pada menit ke-60. Sedangkan arus tertinggi dihasilkan sebesar 0,037 mA pada menit ke-25. Nilai daya terukur pada awalnya 0,650 mW selanjutnya mengalami penurunan setelah menit ke-60 menjadi 0,573 mW. Daya terbesar didapatkan pada menit ke-25, yakni sebesar 0,709 mW seperti pada **Gambar 9**.

Pada pengukuran tegangan dan arus dengan penambahan beban untuk setiap jenis larutan elektrolit yang telah dilakukan, secara keseluruhan didapatkan bahwa rata-rata nilai tegangan dan arus tertinggi didapatkan pada saat fermentasi 48 jam untuk larutan sari buah jeruk.

Buah jeruk banyak mengandung asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Pada saat pengendapan /fermentasi awal (48 jam), asam sitrat yang terkandung di dalam buah jeruk mengalami proses pengikatan ion-ion bermuatan listrik sehingga kadar asam meningkat dan proses penghantaran arus listrik juga mengalami peningkatan. Namun selama dilakukan proses pengukuran, terjadi paparan oksigen pada larutan jeruk sehingga mengalami proses oksidasi dimana ion hidrogen (H^+) terlepas.

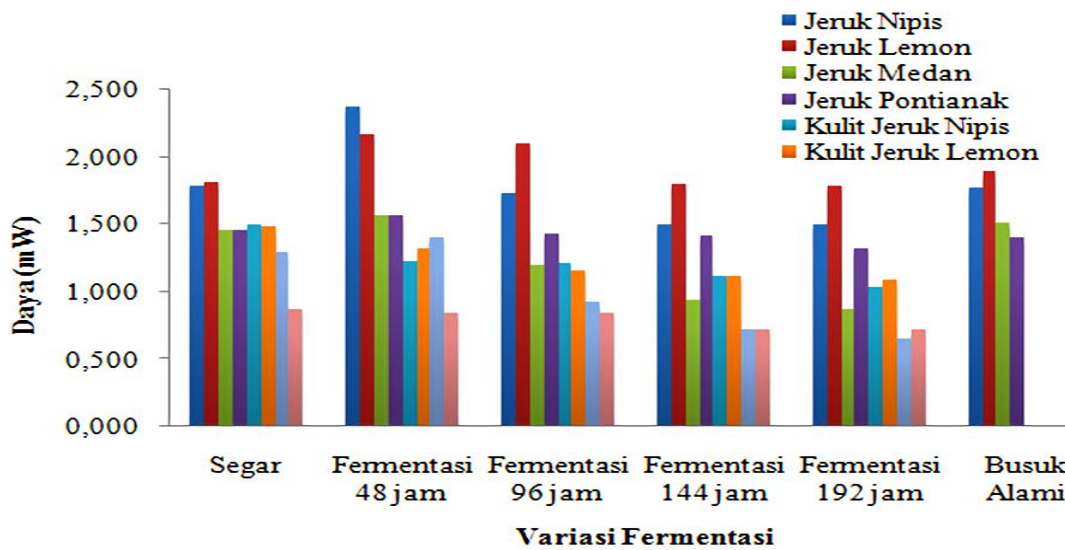
Menurut teori Arrhenius, ion hidrogen (H^+) merupakan ion pembawa sifat asam sehingga pelepasan ion ini mengakibatkan tingkat keasaman buah jeruk menurun. Hal ini juga berpengaruh pada hasil tegangan dan arus. Proses oksidasi juga

menyebabkan tingkat kerapatan ion-ion bermuatan listrik berkurang dikarenakan jumlah oksigen yang semakin bertambah sehingga proses penghantaran arus listrik pada bahan elektroda menjadi semakin sulit. Selain itu proses oksidasi ini mengakibatkan korosi terjadi pada logam elektroda Zn yang digunakan yang juga mengakibatkan hasil arus dan tegangan semakin kecil disetiap penambahan waktu fermentasi.

Selanjutnya pada pengukuran dengan penambahan beban yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa larutan jeruk nipis dan jeruk lemon memiliki daya menghidupkan LED paling banyak yaitu sembilan buah LED sedangkan larutan kulit jeruk pontianak memiliki daya menghidupkan LED paling sedikit yaitu tujuh buah LED dengan hasil grafik seperti pada **Gambar 10**.

Grafik menunjukkan pengukuran daya volume 50 ml pada tiap variasi waktu fermentasi untuk masing-masing larutan elektrolit jeruk. Berdasarkan hubungan daya terhadap waktu fermentasi didapatkan bahwa hasil daya terbesar dari keseluruhan larutan elektrolit adalah daya yang dihasilkan oleh larutan sari jeruk nipis fermentasi 48 jam yakni sebesar 2,369 mW sedangkan daya terendah yakni pada larutan kulit jeruk medan fermentasi 192 jam sebesar 0,655 mW.

Namun bila dilihat dari kestabilan daya, jeruk lemon memiliki penurunan yang lebih stabil dibandingkan larutan jeruk nipis yang memiliki kemampuan menghidupkan lampu yang sama banyak yakni 9 buah LED. Dengan demikian larutan jeruk lemon dapat dikatakan lebih baik sebagai larutan elektrolit.



Gambar 10. Grafik hubungan daya terhadap variasi fermentasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan tanpa beban pada variasi penambahan volume tidak terlalu mempengaruhi tegangan yang dihasilkan sedangkan pada pengukuran dengan beban, variasi volume mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Besar nilai pH mempengaruhi tegangan dan arus, semakin kecil nilai pH (asam kuat) maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan. Hal ini terlihat dari semakin lama waktu fermentasi yang meningkatkan nilai pH, tegangan dan arus terukur semakin menurun. Kemampuan sel elektrolisis dengan bahan elektrolit larutan jeruk nipis dan jeruk lemon dapat menghasilkan daya untuk menhidupkan 9 lampu LED, namun dari sisi kestabilan daya untuk semua kondisi variasi fermentasi, buah jeruk lemon adalah yang terbaik sebagai bahan larutan elektrolit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Muhlisin, S. N, and K. M, "Pemanfaatan Sampah Kulit Pisang Dan Kulit Durian Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Pasta Batu Baterai," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 137–146, 2015.
- [2] Nath, Satarupa, and T. K.N, "Preparation Of Bio-Voltaic Cell From Extract Of Different Plant Part," *Int. J. Innov. Res. Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 88–93, 2015.
- [3] S. Fadilah, R. Risa, and M. PKim, "Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca*)," in *Prosiding. Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015*, 2015.
- [4] R. E. Kartawidjaja and Abdurrochman, "Pencarian Parameter Bio-batere. Berbasis Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)," in *Prosiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*, 2008.
- [5] Yulianti, S. D. Amir, and A. P. Gurum, "Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 4, no. 2, pp. 181–187, 2016.
- [6] E. Hudaya, A. P. Gurum, and S. Amir, "Analisis Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber

Energi Listrik Terbarukan,” *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 2–4, 2016.
[7] K. Sudhakar, R. Ananthakrishnan, A. Goyal, and H. K. Darji, “A Novel

Design of Multi-Chambered Biomass Battery,” *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–34, 2019.

Suciyati, dkk : Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit
terhadap Kelistrikan Sel Volta