

PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP KELISTRIKAN BIO-BATERAI PADA LARUTAN BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia* L.)

Sofia Jupita Andini¹, Heriansyah^{*1}

¹D3 Laboratorium Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Bengkulu
e-mail^{*1}: heriansyah@unib.ac.id

Submitted: 29 Juni 2024; Revised: 30 Juni 2024; Accepted: 30 Juni 2024; Published: 30 Juni 2024

ABSTRAK

Krisis energi global mendorong pengembangan teknologi biobaterai, termasuk salah satunya pemanfaatan dari limbah buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). Pengaruh waktu fermentasi menjadi kunci untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan dari biobaterai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap kelistrikan biobaterai larutan buah mengkudu. Parameter pengujian yang dilakukan adalah pH, arus, tegangan, dan daya listrik. Larutan buah mengkudu dilakukan variasi waktu fermentasi yang berbeda (7, 10, 13, dan 19 hari) dan biobaterai menggunakan elektroda Cu-Zn. pH dari larutan buah mengkudu meningkat seiring dengan meningkatnya waktu fermentasi. Hasil penelitian ini menunjukkan larutan buah mengkudu dengan lama waktu fermentasi 19 hari memiliki arus, tegangan, dan daya listrik tertinggi dengan nilai masing-masing 1,38 mA; 1,805 V; dan 2,490 mW. Penelitian ini mengindikasikan bahwa peningkatan waktu fermentasi secara umum meningkatkan arus dan daya listrik biobaterai. Namun, tegangan tidak menunjukkan peningkatan signifikan dengan variasi waktu fermentasi. Hal ini dapat disebabkan oleh konsentrasi ion H⁺ mengalami saturasi pada permukaan elektroda ketika keasaman sangat tinggi (pH 2,8-2,2), sehingga membatasi peningkatan lebih lanjut dalam tegangan meskipun arus meningkat. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi memiliki pengaruh pada kinerja biobaterai buah mengkudu, dengan waktu fermentasi optimal akan menghasilkan arus dan daya listrik maksimum.

Kata kunci: Biobaterai, mengkudu, kelistrikan, fermentasi

ABSTRACT

*The global energy crisis has spurred the development of biobattery technology, including the utilization of noni fruit waste (*Morinda citrifolia* L.). The duration of fermentation is a crucial factor in enhancing the efficiency and durability of biobatteries. This study aims to determine the effect of varying fermentation times on the electrical properties of noni fruit biobatteries. The parameters tested include pH, current, voltage, and electrical power. The noni fruit solution underwent different fermentation periods (7, 10, 13, and 19 days), and the biobatteries used Cu-Zn electrodes. The pH of the noni fruit solution increased with the length of fermentation time. The results of this study indicate that the noni fruit solution with a fermentation period of 19 days had the highest current, voltage, and electrical power, with values of 1.38 mA, 1.805 V, and 2.490 mW, respectively. This study suggests that extending the fermentation time generally increases the current and electrical power of the biobattery. However, the voltage did not show a significant increase with variations in fermentation time. This can be caused by the concentration of H⁺ ions becoming saturated on the electrode surface when the acidity is very high (pH 2.8-2.2), thereby limiting further increases in voltage even though the current increases. This research demonstrates that fermentation time impacts the performance of noni fruit biobatteries, with an optimal fermentation period resulting in maximum current and electrical power.*

Keywords: biobattery, noni fruit, electricity, fermentation

PENDAHULUAN

Krisis energi yang dialami pada masa sekarang telah mendorong pencarian dan pengembangan suatu energi alternatif. Sumber energi alternatif yang baik sebagai pengganti energi fosil adalah sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Ada banyak sumber energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan seperti energi surya, energi angin, energi panas bumi, dan biomassa (Singh & Kaur, 2022). Energi biomassa merupakan energi yang diperoleh dari bahan organik seperti tumbuhan, hewan, dan limbah untuk diubah menjadi sumber energi listrik, panas

ataupun bahan bakar. Saat ini pemanfaatan bahan organik sebagai sumber energi telah mengalami perkembangan pesat, contohnya biobaterai dan *microbial fuel cell*. Pemanfaatan biobaterai berkontribusi dalam pengembangan energi berkelanjutan dan pengurangan limbah

Biobaterai memiliki prinsip yang memanfaatkan proses reaksi biokimia untuk transfer elektron. Reaksi pada biobaterai bersumber dari karbohidrat, glukosa, enzim dan asam amino (Kamaliah et al., 2020). Reaksi ini akan menghasilkan elektron, yang akan mengalir dari anoda ke katoda melalui proses elektrokimia. Biobaterai memanfaatkan reaksi redoks dalam mendorong aliran elektron. Biobaterai dengan reaksi redoks memiliki keuntungan yaitu reaksi redoks spontan dengan memanfaatkan potensial listrik dari kondensat biomolekul akan berpotensi meningkatkan efisiensi penyimpanan energi (Dai et al., 2023). Namun, tantangan dari biobaterai saat ini adalah dalam hal efisiensi dan daya tahan.

Penggunaan bahan organik seperti limbah buah pada biobaterai merupakan solusi inovatif, karena memberikan biaya yang lebih murah, ramah lingkungan dan fleksibel. Energi listrik yang berasal dari buah atau limbah buah disebabkan oleh elektrolit yang terkandung didalamnya. Setiap buah atau sayuran memiliki kandungan elektrolit yang berbeda-beda, sehingga potensi buah atau sayuran untuk dijadikan biobaterai pun berbeda. Kinerja kelistrikan sebanding dengan kandungan elektrolit dan derajat keasaman dari bahan organik yang digunakan. Buah jeruk memiliki potensi kinerja kelistrikan lebih baik dari pada buah tomat, wortel, cabai, dan pisang (Fauzia et al., 2019). Hal tersebut disebabkan jeruk memiliki tingkat keasaman lebih tinggi dari buah lainnya. Salah satu buah yang memiliki potensi sebagai bahan organik pada biobaterai adalah limbah buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). Buah ini sama dengan buah jeruk yang memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Mengkudu mengandung asam askorbat, kaproat, dan karpitai (Wahyudi et al., 2022). Meski demikian, pemanfaatan limbah buah mengkudu sebagai bahan dasar biobaterai belum banyak dieksplorasi.

Biobaterai buah mengkudu memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai energi alternatif. Pada penelitian sebelumnya Akbar et al. (2018), menunjukkan bahwa biobaterai dengan ekstrak buah mengkudu memiliki nilai *Open Circuit Voltage* (Voc) sebesar 0,72 V. Pada penelitian tersebut juga dilakukan fermentasi selama 2 hari dan 3 hari dengan nilai Voc masing-masing 0,82 V dan 0,87 V. Nilai pH menurun dengan bertambahnya waktu fermentasi yang mengakibatkan meningkatnya *open circuit voltage*. Pada penelitian ini, pengukuran tegangan yang merupakan tegangan maksimum dari sumber daya dilakukan tanpa menggunakan beban. Penelitian ini tidak dilakukan pengukuran pada rangkaian normal. Elektroda yang digunakan adalah C-Zn. Penelitian lainnya dilakukan oleh Jumiaty et al. (2023), yang menambahkan NaCl pada larutan buah mengkudu untuk meningkatkan kandungan elektrolit biobaterai. Hasil penelitian menunjukkan sifat kelistrikan terbaik diperoleh pada penambahan NaCl 20% dengan nilai masing-masing pH 2,5; Konduktivitas $4915 \mu\text{S}/\text{m}^3$; tegangan 2,32 V; arus 3,12 mA; dan daya listrik 7,23 mW. Penelitian ini menggunakan elektroda Cu-Zn. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, fermentasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kandungan elektrolit dari bahan organik tanpa menambahkan elektrolit lain. Peningkatan waktu fermentasi memberikan efek pada peningkatan tegangan serta arus dan daya listrik. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biobaterai menggunakan larutan buah mengkudu dengan variasi waktu fermentasi (7, 10, 13, dan 19 hari), yang kemudian akan diukur tegangan, arus, dan daya listrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan larutan buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) dengan volume 1500 ml yang dipisahkan ke dalam 3 wadah dengan ukuran 500 ml. Pemisahan 3 wadah dilakukan untuk membuat rangkaian seri dari biobaterai yang digunakan pada pengukuran. Elektroda yang digunakan adalah elektroda Cu-Zn dengan ukuran 3 x 10 cm. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan multimeter digital. Waktu fermentasi yang digunakan pada buah mengkudu yaitu 7,10,13,16, dan 19 hari. Pengukuran pH dilakukan sebelum melakukan perlakuan kepada larutan buah mengkudu menggunakan pH meter

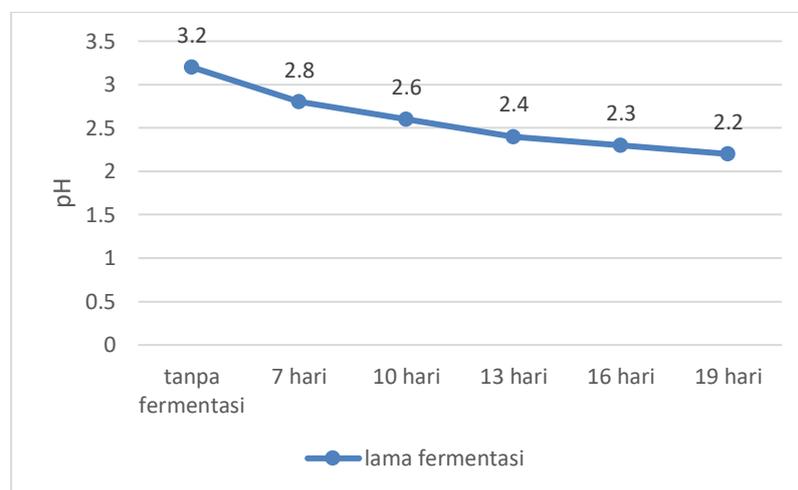
Larutan elektrolit buah mengkudu disiapkan dengan cara menumbuk buah mengkudu yang sudah matang, lalu disaring dan si letakkan pada wadah berukuran 500 ml pada setiap wadah. Dilakukan fermentasi pada buah mengkudu dengan menambahkan 5 gr ragi pada tiap wadah. Kemudian dibiarkan selama 7 hari, 10 hari, 13 hari, 16 hari dan 19 hari. Dilakukan pengukuran pH dan kelistrikan (tegangan dan arus) tiap waktu batas fermentasi. Pengukuran daya diperoleh melalui persamaan daya listrik;

$$P = V \cdot I, \tag{1}$$

dengan P adalah daya listrik dengan satuan Watt, V adalah tegangan listrik dengan satuan Volt, dan I adalah arus listrik dengan satuan Ampere.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pH dilakukan pada sampel biobaterai sebelum dan sesudah di fermentasi, karena untuk menunjukkan perubahan tingkat keasaman dari larutan buah mengkudu setelah dilakukan perlakuan. Pada Gambar 1. menunjukkan penurunan pH terhadap lama waktu fermentasi. Penurunan pH dapat terjadi selama fermentasi disebabkan terbentuknya asam karboksilat saat proses oksidasi lebih lanjut dari alkohol (Akbar et al., 2018). Penurunan nilai pH berarti meningkatkan keasaman dari larutan mengkudu, sehingga akan berdampak pada kandungan elektrolit.



Gambar 1. Grafik hubungan pH terhadap lama waktu fermentasi

Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya listrik pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Tabel.1 Hasil pengukuran menjelaskan adanya reaksi kelistrikan pada larutan mengkudu saat dihubungkan dengan rangkaian elektroda Cu-Zn. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa terjadi peningkatan arus, tegangan dan daya listrik dengan bertambahnya waktu fermentasi. Namun, tegangan tidak meningkat signifikan. Berbeda dengan tegangan, arus listrik meningkat signifikan dengan bertambahnya waktu fermentasi. Arus, tegangan, dan daya optimum diperoleh pada waktu fermentasi hari ke-19 dengan nilai berturut-turut yaitu arus 1,38 mA; tegangan 1,805 Volt; dan daya listrik 2,49 mW.

Tabel 1. Data pengukuran arus, tegangan, dan daya listrik terhadap lama waktu fermentasi

Hari Ke-	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)
7	0,30	1,724	0,517
10	0,54	1,735	0,936
13	0,66	1,750	1,115
16	0,93	1,763	1,639
19	1,38	1,805	2,490

Pengukuran arus telah dilakukan pada tiap sampel dengan variasi waktu fermentasi. Arus listrik

menunjukkan jumlah muatan listrik per satuan waktu yang mengalir pada konduktor pada satu arah yang dipengaruhi oleh energi eksternal (Sigalingging et al., 2022). Meningkatnya arus listrik dengan bertambahnya waktu fermentasi menunjukkan adanya pengaruh tingkat keasaman terhadap arus listrik. Menurut Sigalingging et al. (2022), tingginya arus listrik disebabkan kandungan asam yang tinggi juga pada larutan elektrolit dan meningkatnya konsentrasi ion H^+ . Meningkatnya ion H^+ menyebabkan tingginya konduktivitas listrik (Supratomo et al., 2019)(Sigalingging et al., 2022). Konduktivitas listrik adalah ukuran kemampuan bahan dalam menghantarkan listrik, dalam hal ini adalah konduktivitas elektrolit. Konduktivitas yang tinggi memungkinkan aliran ion yang lebih efisien.

Pengukuran tegangan dilakukan pada tiap sampel dengan pengaruh variasi waktu fermentasi. Tegangan listrik merupakan energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan elektron dari anoda menuju katoda. Namun, muatan listrik pada larutan elektrolit bergerak menuju kutub elektroda yang berlawanan. Muatan listrik dalam bentuk ion positif (kation) akan menuju katoda, sedangkan ion negatif (anion) akan menuju anoda. Kemudian, dalam sel elektrokimia akan terjadi reaksi redoks yang berlangsung pada elektroda dan ion-ion elektrolit. Anoda yang digunakan adalah Zn, dimana seng (Zn) akan melepaskan elektron dan membentuk ion Zn^{2+} . Sedangkan elektron yang dilepaskan Zn akan mengendap pada katoda (Cu) sehingga terjadinya transfer elektron (Jumiati et al., 2023). Peningkatan terjadi pada tegangan saat waktu fermentasi bertambah, namun tidak signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh konsentrasi ion H^+ mengalami saturasi pada permukaan elektroda ketika keasaman sangat tinggi (pH 2,8-2,2), sehingga membatasi peningkatan lebih lanjut dalam tegangan meskipun arus meningkat. Selain itu, mungkin juga ada pengaruh terjadinya oksidasi pada saat pengukuran larutan terpapar oksigen sehingga ion H^+ terbebas (Yolanda et al., 2022). Hal ini, dapat mempengaruhi bagaimana reaksi redoks yang terjadi dan menyebabkan perubahan tegangan terhadap lama fermentasi tidak signifikan.

Daya listrik diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan (1), yaitu hasil perkalian dari tegangan dan arus. berdasarkan hal tersebut, maka daya listrik linear dengan hasil dari arus dan tegangan listrik. Dimana, semakin besar arus listrik dan tegangan listrik, maka semakin besar daya listrik. Larutan elektrolit yang memiliki tingkat keasaman dapat meningkatkan arus, tegangan dan daya baterai.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh fermentasi cukup signifikan terhadap arus dan daya listrik pada biobaterai larutan buah mengkudu. Hal ini disebabkan, meningkatnya keasaman larutan saat waktu fermentasi bertambah. Secara umum, sifat kelistrikan meningkat dengan bertambahnya waktu fermentasi dengan hasil tertinggi pada hari ke-19 dengan masing-masing nilai arus 1,38 mA; 1,805 V; dan 2,490 mW. Namun, tegangan tidak menunjukkan peningkatan signifikan dengan variasi waktu fermentasi. Hal ini dapat disebabkan oleh konsentrasi ion H^+ mengalami saturasi pada permukaan elektroda ketika keasaman sangat tinggi (pH 2,8-2,2), sehingga membatasi peningkatan lebih lanjut dalam tegangan meskipun arus meningkat. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi memiliki pengaruh pada kinerja biobaterai buah mengkudu, dengan waktu fermentasi optimal akan menghasilkan arus dan daya listrik maksimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada FMIPA Universitas Bengkulu dengan kegiatan MBKM, sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Selain itu saya berterimakasih kepada Program Studi D3 Laboratorium Sains dan dosen pembimbing yang telah membantu dalam penulisan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. A., Armelianda, D., & Muttakin. (2018). Electrolyte Performance of Noni Fruit Extracts (*Morinda citrifolia* L.) for C–Zn batteries. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 1(2), 74–81.
- Dai, Y., Chamberlayne, C. F., Messina, M. S., Chang, C. J., Zare, R. N., You, L., & Chilkoti, A. (2023). Interface of biomolecular condensates modulates redox reactions. *Chem*, 9(6), 1594–1609. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2023.04.001>
- Fauzia, S., Ashiddiqi, M. A. H., & Khotimah, A. W. K. (2019). Fruit and Vegetables as a Potential Source of Alternative Electrical Energy. *Proceeding International Conference on Science and Engineering*, 2, 161–167. <https://doi.org/10.14421/icse.v2.77>
- Jumiati, E., Husnah, M., & Siregar, R. (2023). Pengaruh Penambahan Konsentrasi NaCl Terhadap Nilai Keluaran Listrik Biobaterai Sari Buah Mengkudu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 20(2), 199–204. <https://doi.org/10.31258/jkfi.20.2.199-204>
- Kamaliah, H., Wardoyo, T. D., & Maftukhah, S. (2020). Pemanfaatan Buah Kedondong dan Kulit Pisang Ambon Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(2), 142.
- Sigalingging, R., Panjaitan, V. C. S., & Sigalingging, C. (2022). The effect of fermentation time on fruits as a producer electrical energy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1115(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1115/1/012088>
- Singh, V., & Kaur, K. (2022). Alternative Energy Sources and Green Technology. *Interantional Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 06(05), 7–9. <https://doi.org/10.55041/ijsrem13370>
- Supratomo, S., Laga, A., Tahir, M., Mochtar, A. A., & Salengke, S. (2019). Design and performance test of ohmic-assisted cocoa fermentation apparatus. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(8), 1515–1523.
- Wahyudi, W., Inggraini, C., Puspita, C., & Luthfiah, M. (2022). BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia*), KANDUNGAN DAN EFEKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIHIPERTENSI: LITERATURE REVIEW. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal*, 4(2), 102–108. <https://doi.org/10.36656/jpfh.v4i2.871>
- Yolanda, N., , M., & Daulay, A. H. (2022). Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan Sel Volta Dengan Menggunakan Larutan Buah Tomat. *Einstein*, 10(2), 61. <https://doi.org/10.24114/einstein.v10i2.36275>