



Pembuatan Bio-Baterai Berbahan Dasar Sari Belimbing Wuluh dan NaCl sebagai Sumber Ion serta Onggok Singkong sebagai Matriks

Sintia Anjarsari , Dui Yanto Rahman , Rita Sulistyowati *

¹ Program Studi Fisika, F.SAINTEK Universitas PGRI Palembang
Palembang 30251, Indonesia

*e-mail: ritarahman08@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada solusi energi ramah lingkungan dan ekonomis melalui bio-baterai berbahan alami. Tujuannya adalah menemukan komposisi optimal dari sari belimbing wuluh dan NaCl untuk menghasilkan arus dan tegangan maksimum. Anoda menggunakan lembaran grafit dan katoda lembaran aluminium. Elektrolit padatan dibuat dengan mencampur dan mengaduk sari belimbing wuluh dengan variasi 7 ml, 10 ml, 13 ml, 16 ml, dan 19 ml dengan 10 g onggok. Kemudian, elektrolit ini ditempatkan di antara lembaran grafit dan aluminium untuk mengukur arus dan tegangan. NaCl dengan variasi massa 0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g, dan 3 g dilarutkan dalam 13 ml sari belimbing wuluh (titik optimal) menggunakan pengaduk magnetik selama 5 menit, kemudian 10 g onggok singkong ditambahkan secara bertahap dan diaduk hingga terbentuk elektrolit padat. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa bio-baterai yang hanya menggunakan sari belimbing wuluh sebagai sumber ion menghasilkan arus maksimum 0,84 mA dan tegangan maksimum 0,544 V, dengan volume optimal sebesar 13 ml. Sementara itu, baterai dengan kombinasi sari belimbing wuluh dan NaCl menghasilkan arus maksimum 2,17 mA dan tegangan maksimum 0,610 V, dengan massa optimal 3 gram NaCl. Penelitian ini berpotensi besar untuk dikembangkan karena menggunakan metode sederhana serta bahan murah dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Bio-baterai, sari belimbing wuluh, NaCl, onggok singkong

Fabrication of Bio-Battery Based on Starfruit Juice and NaCl as Ion Sources and Cassava Bagasse as the Matrix

Abstract

This research focuses on environmentally friendly and cost-effective energy solutions through bio-batteries using natural materials. The goal is to identify the optimal composition of starfruit juice and NaCl for maximum current and voltage. The anode uses graphite sheets and the cathode uses aluminum sheets. A solid electrolyte is created by mixing and stirring starfruit juice in varying volumes (7 ml, 10 ml, 13 ml, 16 ml, and 19 ml) with 10 g of cassava bagasse. This electrolyte is then placed between the graphite and aluminum sheets to measure current and voltage. NaCl, with varying masses (0.5 g, 1 g, 1.5 g, 2 g, 2.5 g, and 3 g), is dissolved in 13 ml of starfruit juice (the optimal point) using a magnetic stirrer for 5 minutes, then 10 g of cassava bagasse is added gradually and stirred to form a solid electrolyte. Measurements show that a bio-battery using only starfruit juice as the ion source produces a maximum current of 0.84 mA and a maximum voltage of 0.544 V, with an optimal volume of 13 ml. In contrast, the battery with a combination of starfruit juice and NaCl achieves a maximum current of 2.17 mA and a maximum voltage of 0.610 V, with an optimal NaCl mass of 3 grams. This research has significant potential for further development due to its use of a simple method and inexpensive, environmentally friendly materials.

Keywords: Bio-battery, starfruit juice, NaCl, cassava onggok.



PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia saat ini jauh melebihi pasokan yang ada, menyebabkan krisis energi listrik yang tidak dapat dihindari. Terbukti dari seringnya pemadaman listrik bergilir di beberapa wilayah Sumatera, sistem ketenagalistrikan konvensional saat ini tidak mampu memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat (Agung, 2013).

Keterbatasan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik mendorong perlunya pengembangan energi alternatif. Energi alternatif berasal dari bahan-bahan yang belum banyak dimanfaatkan sebelumnya (Amheka & Tuati, 2018). Penelitian pada energi alternatif fokus pada pemanfaatan sumber daya alam yang ramah lingkungan, aman, mudah diperoleh, dan dapat diperbaharui secara berkelanjutan (Sriyanti et al., 2016).

Baterai sering digunakan dalam peralatan elektronik sehari-hari, tetapi baterai konvensional mengandung logam berat berbahaya seperti merkuri, timbal, kadmium, dan nikel (Erviana et al., 2020). Baterai bekas dapat mencemari lingkungan jika tidak dibuang dengan benar, sehingga diperlukan inovasi untuk mengatasi masalah ini dengan menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan (Mungkin & Ikhsan, 2016). Salah satu alternatifnya adalah menggunakan bahan-bahan dari buah-buahan dan sayuran.

Buah-buahan dan sayuran mengandung mineral asam seperti asam klorida dan asam sitrat, yang merupakan elektrolit kuat yang larut menjadi ion dalam air (Salafa et al., 2020). Selain itu, kandungan air yang tinggi pada buah dan sayur memfasilitasi perbedaan potensial antara logam dan larutan, menghasilkan arus listrik (Jauharah, 2013). Oleh karena itu, mereka bisa dimanfaatkan sebagai elektrolit pengganti untuk baterai konvensional.

Penelitian telah menunjukkan bahwa berbagai buah seperti jeruk, kulit pisang, kulit buah jeruk, kulit durian, ampas kelapa,

dan tomat busuk memiliki potensi sebagai elektrolit alternatif. Jeruk, kaya akan potasium dan magnesium, serta kulit pisang yang sering dibuang, mengandung senyawa berfungsi sebagai elektrolit (Salafa et al., 2020; Hendri et al., 2015). Kulit buah jeruk, durian, dan ampas kelapa juga menunjukkan potensi sebagai sumber elektrolit (Miranda & Afrida, 2017; Abidin et al., 2020). Tomat busuk mengandung senyawa kimia yang dapat menghasilkan ion yang diperlukan (Abidin et al., 2020).

Singkong adalah tanaman yang melimpah di Indonesia dan sering diolah menjadi tapioka, menghasilkan limbah cair dan padat. Onggok singkong, residu dari pembuatan tepung tapioka, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan dalam bio-baterai (Sumanzaya, 2019). Bio-baterai menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi, dan fermentasi onggok singkong dapat meningkatkan karakteristik elektriknya (Erviana et al., 2020).

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*), selain digunakan sebagai obat dan bumbu masakan, juga memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik melalui elektrolisis berkat tingkat keasamannya yang tinggi (Suryaningsih, 2016; Widyaningsih & Margana, 2019). Elektrolit, yang dapat berupa larutan asam, basa, atau garam, memainkan peran penting dalam aliran listrik antara anoda dan katoda dalam sistem sel Galvani (Fajar, 2013). Belimbing wuluh mengandung asam format, yang berpotensi dimanfaatkan sebagai elektrolit (Mungkin & Tanjung, 2019).

Meskipun penelitian sebelumnya telah menggunakan bahan alami, belum ada prototipe baterai yang dapat diterapkan secara praktis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bio-baterai berbasis buah dan sayuran, khususnya belimbing wuluh dan onggok singkong, serta menghasilkan prototipe bio-baterai portabel. Penelitian ini menggunakan lembaran grafit sebagai anoda dan lembaran aluminium sebagai katoda,

dengan elektrolit padat dari campuran onggok singkong, ekstrak belimbing wuluh, dan NaCl. Penggunaan bahan ekonomis dan ramah lingkungan diharapkan menghasilkan bio-baterai yang terjangkau, berkelanjutan, dan tidak mencemari lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buah belimbing wuluh, onggok singkong, dan NaCl.

Belimbing wuluh dicuci, dipotong kecil-kecil, lalu diblender selama 1 menit. Campuran yang dihasilkan kemudian disaring untuk memperoleh sari, yang dimasukkan ke dalam gelas beaker. Berbagai volume sari belimbing wuluh digunakan, yaitu 7 ml, 10 ml, 13 ml, 16 ml, dan 19 ml.

Pada setiap variasi sari belimbing wuluh, ditambahkan 10 g onggok singkong untuk membentuk elektrolit padat. Elektrolit padat ini kemudian ditempatkan di antara lembaran grafit dan aluminium. Setup ini dihubungkan ke multimeter digital (Sanwa CD800A) menggunakan kabel penjepit buaya untuk mengukur arus

dan tegangan, serta menentukan volume sari belimbing wuluh yang optimal.

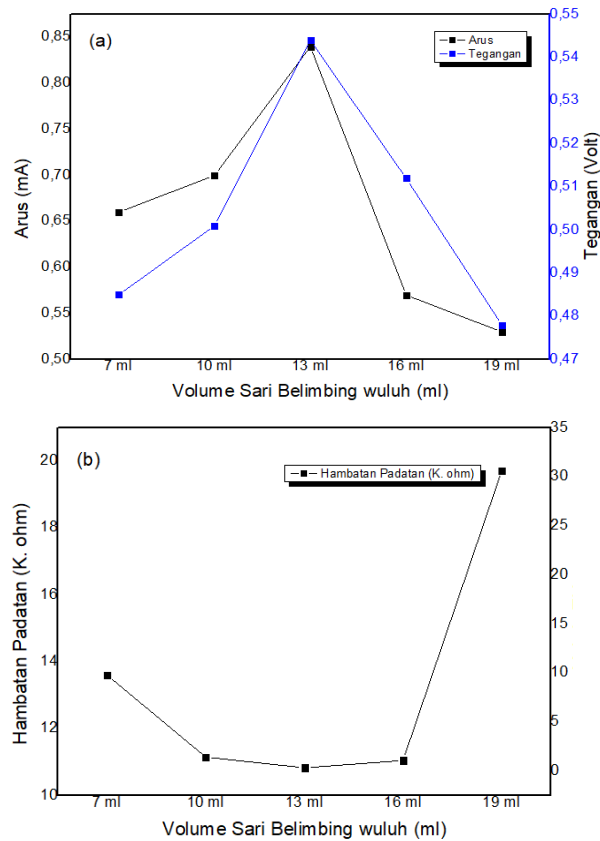
Setelah menentukan volume sari belimbing wuluh yang optimal, NaCl ditambahkan ke dalam sari dengan variasi massa: 0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g, 2,5 g, dan 3 g. NaCl dicampurkan ke dalam sari belimbing wuluh dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 5 menit. Kemudian, 10 g onggok singkong ditambahkan untuk membentuk elektrolit padat. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan untuk menentukan massa NaCl yang optimal pada kombinasi sari belimbing wuluh dan NaCl. Untuk menganalisis perubahan arus dan tegangan, dilakukan pengukuran hambatan pada elektrolit padat menggunakan multimeter digital (Sanwa CD800A). Ini memberikan informasi tentang konduktivitas dari elektrolit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pembuatan bio-baterai menggunakan sari belimbing wuluh dan onggok singkong, pengukuran arus, tegangan, dan hambatan elektrolit padatan serta cair dilakukan. Data hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 4.1 dan Grafik 4.1:

Tabel 4.1 Hubungan antara volume sari belimbing wuluh, arus, tegangan, dan hambatan dan elektrolit padatan

Volume Sari Belimbing wuluh (ml)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Hambatan padatan (kΩ)
7 ml	0,66	0,485	13,60
10 ml	0,70	0,501	11,15
13 ml	0,84	0,544	10,83
16 ml	0,57	0,512	11,05
19 ml	0,53	0,478	19,71



Gambar 4.1. Grafik (a) hubungan antara volume sari belimbing wuluh, arus dan tegangan baterai. (b) hubungan antara volume sari belimbing wuluh, hambatan elektrolit padatan

Tabel 4.1 dan Grafik 4.1 menampilkan hasil pengukuran arus, tegangan, dan hambatan elektrolit padatan dari larutan sari belimbing wuluh dan onggok singkong. Penelitian ini menggunakan lima variasi volume sari belimbing wuluh: 7 ml, 10 ml, 13 ml, 16 ml, dan 19 ml.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa arus meningkat secara bertahap dari 0,66 mA pada volume 7 ml, menjadi 0,70 mA pada volume 10 ml, dan mencapai 0,84 mA pada volume 13 ml, yang merupakan titik optimum. Namun, pada volume 16 ml dan 19 ml, arus menurun masing-masing menjadi 0,57 mA dan 0,53 mA. Pola perubahan arus ini diikuti oleh perubahan tegangan yang serupa. Tegangan awal sebesar 0,485 V pada volume 7 ml, meningkat hingga mencapai 0,544 V pada

volume 13 ml, kemudian menurun kembali pada volume 16 ml dan 19 ml.

Untuk memahami penyebab perubahan arus dan tegangan dalam campuran sari belimbing wuluh dan onggok singkong, dilakukan pengukuran hambatan elektrolit padatan. Pengukuran hambatan ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang konduktivitas campuran tersebut. Dalam pengukuran ini, digunakan ohmmeter sebagai pengganti Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). (Rahman D.Y., et.al., 2021). Grafik 4.1(b) menunjukkan bahwa pada volume 7 ml, hambatan elektrolit padatan tercatat sebesar 13,60 kΩ. Hambatan ini terus menurun hingga mencapai titik terendah sebesar 10,83 kΩ pada volume 13 ml. Setelah volume sari belimbing wuluh melebihi 13 ml, hambatan kembali

meningkat. Pola ini menunjukkan bahwa konduktivitas elektrolit padatan meningkat seiring dengan bertambahnya volume sari belimbing wuluh hingga mencapai titik optimum pada volume 13 ml, namun kembali menurun ketika volume melebihi angka tersebut.

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) mengandung berbagai ion seperti kalium dan kalsium, serta senyawa lain seperti oksalat, fenol, dan flavonoid (Indah et al, 2018). Keberadaan ion-ion ini sangat berpengaruh terhadap konduktivitas elektrolit padatan dalam campuran sari belimbing wuluh dan onggok singkong.

Fluktuasi konduktivitas elektrolit padatan berkaitan erat dengan jarak antar ion dalam larutan. Jika kandungan ion terlalu sedikit, jarak antar ion menjadi terlalu jauh, sehingga pergerakan ion dalam larutan menjadi lambat dan mengurangi konduktivitas. Ketika jumlah ion meningkat, jarak antar ion menjadi lebih dekat, mempermudah pergerakan ion dan meningkatkan konduktivitas.. Namun, jika jumlah ion terlalu banyak, terjadi gaya tolak-menolak antar ion yang terlalu dekat satu sama lain, yang dapat menghambat pergerakan ion. Hal ini menyebabkan penurunan konduktivitas karena ion-ion tersebut sulit bergerak bebas. (Aji et al., 2012). Dengan demikian, ada titik optimum di mana jumlah ion cukup untuk memastikan pergerakan yang efisien tanpa menyebabkan interaksi yang berlebihan. Penelitian ini menunjukkan bahwa volume sari belimbing wuluh sebesar 13 ml adalah titik optimum untuk konduktivitas elektrolit padatan. Pada volume ini, jarak antar ion berada dalam keseimbangan yang ideal, memungkinkan pergerakan ion yang efisien dan menghasilkan arus serta tegangan tertinggi. Volume yang melebihi 13 ml menyebabkan peningkatan jumlah ion yang berlebihan, sehingga terjadi gaya tolak-menolak antar ion yang mengurangi efisiensi perpindahan ion dan menurunkan konduktivitas.

Penelitian serupa dilakukan oleh Ahmad & Isa (2015) mengenai pengaruh

konsentrasi NH_4Cl terhadap konduktivitas ionik dalam sistem elektrolit polimer padat. Hasil studi menunjukkan bahwa konduktivitas ionik meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi NH_4Cl , mencapai titik optimal pada konsentrasi tertentu. Setelah melewati titik optimal tersebut, konduktivitas ionik menurun dengan peningkatan lebih lanjut konsentrasi NH_4Cl .

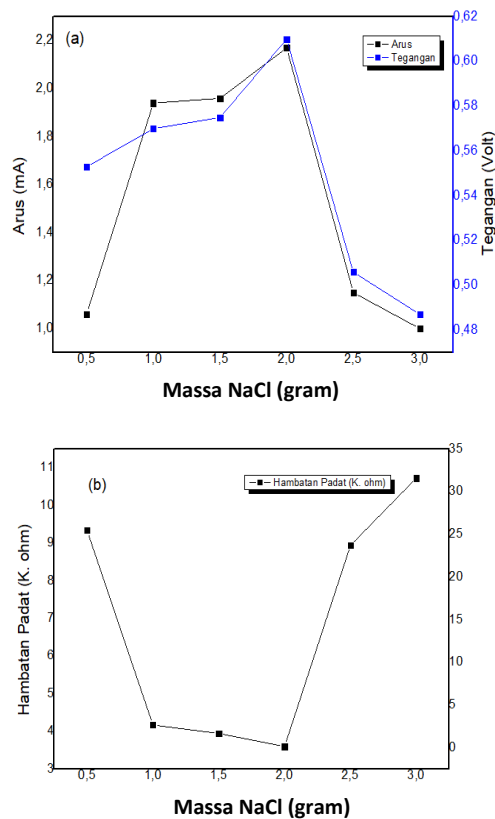
Penelitian serupa juga dilakukan (Kamarudin & Isa, 2013) mengkaji elektrolit polimer padat yang dibuat dengan teknik pengecoran larutan, menggunakan metilselulosa karboksil (CMC) dan amonia nitrat (AN). Film yang dihasilkan dipelajari dengan variasi konsentrasi garam AN dari 5-50% berat pada suhu kamar. Spektrum IR mengkonfirmasi terbentuknya kompleks garam-polimer pada rentang $1633\text{-}829\text{ cm}^{-1}$. Analisis impedansi menunjukkan bahwa film elektrolit polimer yang mengandung 45% berat AN memiliki konduktivitas ionik tertinggi sebesar $(7,71\pm 0,04) \times 10^{-3}\text{ S/cm}$, sedangkan film CMC murni memiliki konduktivitas ionik terendah sebesar $(1,86\pm 0,03) \times 10^{-8}\text{ S/cm}$. Penelitian ini membuktikan bahwa peningkatan konduktivitas ionik bergantung pada konsentrasi garam AN

Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian tentang volume sari belimbing wuluh, di mana ada titik optimum untuk jumlah ion yang mendukung pergerakan efisien tanpa interaksi berlebihan yang menghambat konduktivitas.

Untuk meningkatkan nilai arus dan tegangan baterai, dilakukan penambahan NaCl pada komposisi optimum sari belimbing wuluh dalam onggok singkong. Setelah pembuatan bio-baterai dari campuran NaCl dalam volume sari belimbing wuluh dan onggok singkong selesai, dilakukan pengukuran nilai arus, tegangan, dan hambatan elektrolit padatan. Hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 4.2 dan Grafik 4.2.

Tabel 4.2 Hubungan antara massa NaCl, arus, tegangan, dan hambatan elektrolit padatan

Garam Dapur (gram)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Hambatan Elektrolit Padatan (kΩ)
0,5	1,06	0,553	09,34
1	1,94	0,570	04,17
1.5	1,96	0,575	03,95
2	2,17	0,610	03,60
2.5	1,15	0,506	08,94
3	1,00	0,487	10,73



Gambar 4.2. Grafik (a) hubungan antara massa NaCl, arus dan tegangan baterai, (b) hubungan antara massa NaCl dan hambatan elektrolit padatan

Tabel 4.2 dan Grafik 4.2 menunjukkan hasil pengukuran arus, tegangan, dan hambatan elektrolit padatan. Pengukuran ini dilakukan dengan enam variasi massa NaCl: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 gram,

dicampur dengan sari belimbing wuluh pada volume optimum 13 ml seperti yang diukur pada Tabel 4.1.

Penambahan NaCl dalam pembuatan bio-baterai menggunakan sari

belimbing wuluh dan onggok singkong menunjukkan hasil pengukuran arus sebesar 1,06 mA pada 0,5 gram NaCl, yang terus naik hingga mencapai puncaknya pada 2,17 mA di 2 gram NaCl. Setelah itu, arus kembali turun menjadi 1,15 mA pada 2,5 gram NaCl dan 1,00 mA pada 3 gram NaCl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus terus naik sampai titik optimum dan menurun ketika massa NaCl lebih dari 2 gram.

Pengukuran hambatan dilakukan untuk mengetahui pola nilai konduktivitas elektrolit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa naik-turunnya arus dan tegangan baterai disebabkan oleh perubahan hambatan elektrolit padatan baterai. Hambatan elektrolit padatan semakin menurun seiring bertambahnya massa NaCl, yang mengindikasikan peningkatan konduktivitas elektrolit padatan.

Hasil pengukuran dimulai dari hambatan sebesar 9,34 k Ω ketika massa NaCl adalah 0,5 gram. Hambatan terus menurun hingga mencapai titik terendah di 3,60 k Ω pada massa NaCl 2 gram. Setelah itu, hambatan kembali meningkat ketika massa NaCl lebih dari 2 gram, menunjukkan penurunan konduktivitas elektrolit padatan.

Konduktivitas elektrolit padatan dapat mengalami fluktuasi berdasarkan beberapa faktor. Dalam konduktivitas padatan, peningkatan konsentrasi ion biasanya meningkatkan konduktivitas hingga mencapai titik optimum. Setelah itu, konduktivitas bisa menurun akibat interaksi ion-ion yang terlalu dekat, yang menghambat pergerakan. Konduktivitas cair cenderung meningkat dengan peningkatan konsentrasi ion, namun jika konsentrasi terlalu tinggi, ion-ion dapat saling berinteraksi dan menciptakan hambatan yang menurunkan konduktivitas (Aji et al., 2012).

Penelitian yang sama berkaitan dengan adanya lebih dari satu jenis ion dalam suatu elektrolit padatan dilakukan oleh Jaya Saputra dkk., (2023). Penelitian menemukan bahwa elektrolit dengan

campuran kitosan/PVA/glisерol/LiClO₄ memiliki konduktivitas listrik yang berbeda-beda tergantung pada komposisinya. Misalnya, campuran dengan perbandingan 70% kitosan, 30% PVA, 20% gliserol, dan 20% LiClO₄ menunjukkan konduktivitas tertinggi mencapai 4,8 x 10⁻⁵ S/cm. Temuan ini menunjukkan bahwa komposisi tersebut memiliki potensi untuk digunakan sebagai polimer elektrolit dalam aplikasi baterai (Jaya Saputra et al., 2023).

Riyanto et al., (2011) juga melakukan studi yang mengenai elektrolit polimer baterai yang menggunakan chitosan, polivinil alkohol (PVA), glutaraldehid, dan garam amonium nitrat. Konduktivitas ion yang diukur mencapai 2,2 x 10⁻⁵ S cm⁻¹. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa elektrolit polimer chitosan-PVA tanpa amonium nitrat (0 wt%) memiliki konduktivitas ion paling rendah, yaitu 4,8 x 10⁻¹⁰ S cm⁻¹. Penambahan amonium nitrat meningkatkan konduktivitas ion, dan penambahan optimal terlihat pada konsentrasi 35 wt%, yaitu 2,2 x 10⁻⁵ S cm⁻¹. Peningkatan ini diyakini disebabkan oleh peningkatan jumlah ion dan mobilitas ion-ion dalam elektrolit.

Elektrolit padatan yang terbentuk dari kombinasi NaCl dan sari belimbing wuluh memainkan peran penting dalam menghantarkan ion-ion yang diperlukan untuk menghasilkan arus listrik. NaCl sebagai sumber ion meningkatkan konduktivitas elektrolit, sehingga memungkinkan pergerakan ion yang lebih efisien. Hambatan elektrolit padatan berpengaruh langsung terhadap kinerja bio-baterai. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan NaCl hingga jumlah tertentu dapat menurunkan hambatan elektrolit, sehingga meningkatkan arus dan tegangan yang dihasilkan. Namun, jika terlalu banyak NaCl, hambatan kembali meningkat akibat interaksi ion yang terlalu dekat, yang mengurangi efisiensi perpindahan ion.

Kombinasi NaCl dengan sari belimbing wuluh dan onggok singkong sebagai matriks membantu menjaga stabilitas

elektrolit padatan. Onggok singkong memberikan struktur yang mendukung distribusi ion secara merata, sementara sari belimbing wuluh berfungsi sebagai medium asam yang mendukung ionisasi optimal. Penentuan komposisi optimum sangat penting untuk memaksimalkan kinerja bio-baterai. Penelitian menunjukkan bahwa volume optimum sari belimbing wuluh adalah 13 ml dengan massa NaCl 2 gram, yang menghasilkan arus dan tegangan tertinggi. Komposisi ini diyakini mampu menyediakan ion dalam jumlah yang cukup untuk mengurangi hambatan tanpa menyebabkan efek negatif.

KESIMPULAN

Pembuatan bio-baterai menggunakan sari belimbing wuluh dan onggok singkong sebagai elektrolit berhasil difabrikasi dan

dievaluasi melalui pengukuran arus dan tegangan untuk menilai efektivitas elektrolit alami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume optimum sari belimbing wuluh adalah 13 ml, dengan arus dan tegangan tertinggi masing-masing sebesar 0,84 mA dan 0,544 V. Penambahan volume di atas 13 ml menyebabkan penurunan nilai arus dan tegangan. Selain itu, penambahan massa NaCl (garam dapur) pada volume optimum 13 ml menghasilkan nilai optimum pada 2 gram NaCl, dengan arus sebesar 2,17 mA dan tegangan sebesar 0,610 V. Secara keseluruhan, kombinasi sari belimbing wuluh dan onggok singkong sebagai elektrolit dalam bio-baterai menunjukkan potensi yang baik. Penelitian ini membuktikan bahwa bahan alami dapat digunakan untuk membuat bio-baterai yang efektif, ramah lingkungan, dan berbiaya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, M., Fathul Hafidh, A., Widyaningsih, M., Yusuf, M., & Murniati, A. (2020). Pembuatan Biobaterai Berbasis Ampas Kelapa dan Tomat Busuk. *Al-Kimiya*, 7(1), 28–34.

Agung, A. I. (2013). Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2), 892–897.

Ahmad, N. H., & Isa, M. I. N. (2015). Structural and Ionic Conductivity Studies of CMC Based Polyelectrolyte Doped with NH₄Cl. *Advanced Materials Research*, 1107, 247–252. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1107.247>

Aji, M. P., Bijaksana, S., & Abdullah, M. (2012). A general formula for ion concentration-dependent electrical conductivities in polymer electrolytes. *American Journal of Applied Sciences*, 9(6), 946

Amheka, A., & Tuati, N. F. (2018). Peranan Energi Alternatif Ramah Lingkungan Dengan Biogas Limbah Perternakan Sapi di Wilayah Kupang NTT. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 11(2), 1–11

Erviana, Y., Supriyanto, A., Suciwati, W., Gurum, D., & Pauzi, A. (2020a). Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan sebagai Pasta Bio-Baterai. *Journal of Energi, Material, and Interumentation Technology*, 1(1), 28–33. <https://jemit.fmipa.unila.ac.id/>

- Hendri, Y. N., Gusnedi, & Ratnawulan. (2015). Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Permentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel ACCU dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *PILLAR OF PHYSICS*, 6, 97–104.
- Jaya Saputra, T., Mahfudli Fadli, U., & Abdul, B. (2023). Analisis Konduktivitas Listrik Pada Kitosan dari Limbah Rajungan di Peciran Sebagai Bahan Elektrolit Pada Bio-baterai. *Jurnal Rekayasa Energi*, 02(01), 19–25.
- Jauharah., W. D. (2013). Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai. *Skripsi*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Kamarudin, K. H., & Isa, M. I. N. (2013). Structural and DC Ionic conductivity studies of carboxy methylcellulose doped with ammonium nitrate as solid polymer electrolytes. *International Journal of Physical Sciences Full Length Research Paper*, 8(31), 1581–1587. <https://doi.org/10.5897/IJPS2013.3962>
- Miranda, C. A., & Afrida, J. (2017). Kuat Arus yang Dihasilkan dari Fermentasi Ekstrak Belimbing Wuluh. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(1), 18–21
- Mungkin, M., & Ikhsan, T. (2016). Filtrasi Jeruk Nipis yang Ditambahkan NaCl + Na-EDTA Sebagai Elektrolit Baterai dengan Charger Solar Cell. *Jurnal Sainatika*, 16(1), 1–10.
- Mungkin, M., & Tanjung, D. A. (2019). Studi Filtrasi Air Belimbing Wuluh Sebagai Elektrolit Baterai Pengganti Elektrolit H₂SO₄. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, III(2), 58–63
- Rahman, D. Y., Utami, F. D., Amalia, N., Sulistyowati, R., Sustini, E., & Abdullah, M. (2021). Low-cost solar cell using PVA. NaCl polymer electrolyte as hole transport medium and graphite/TiO₂ composite as photon-absorbing materials. *Materials Today: Proceedings*, 44, 3301-3304. Salafa, F., Hayat, L., & Ma'ruf, A. (2020a). Analisis Kulit Buah Jeru (Citrus Sinensis) Sebagai Bahan Pembuatan Elektrolit Pada Bio-Bateai. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 2(1), 1–9
- Sriyanti, Widayati, S., Pulungan, L., & Nasrudin Usman, D. (2016). Menggli Kekuatan Internal Masyarakat Melalui Energi Baru Terbarukan Khususnya Limbah ternak Sapi di Desa Wanjaya, Kecamatan Wanaraja, Kabupaten Garut-Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 13–20. <http://www.energi.lipi.go.id>
- Sriyanti, Widayati, S., Pulungan, L., & Nasrudin Usman, D. (2016). Menggli Kekuatan Internal Masyarakat Melalui Energi Baru Terbarukan Khususnya Limbah ternak Sapi di Desa Wanjaya,

Kecamatan Wanaraja, Kabupaten Garut-Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 13–20. <http://www.energi.lipi.go.id>

Sumanzaya, T. (2019). Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Sebagai Pasta Bio-baterai. *Skripsi*. Fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam universitas lampung bandar lampung

Widyaningsih, W. P., & Margana. (2019a). Pembangkit Listrik Electron Power Inverter (EPI) dengan Memanfaatkan Buah Belimbing Wuluh dan Kulit Pisang. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 15(1), 20–26