

Pemanfaatan Sari Buah Mengkudu dan Garam Dapur (NaCl) sebagai Sumber Ion serta Tepung Tapioka sebagai Matriks untuk Pembuatan Bio-Baterai

Weli Yanti , Dui Yanto Rahman* , Rahmawati

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

*e-mail: duiyantorahmanmsi@gmail.com

Abstrak

Dalam upaya mencari solusi energi yang ramah lingkungan dan terjangkau, bio-baterai yang memanfaatkan bahan-bahan alami telah menjadi fokus penelitian yang signifikan. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan komposisi optimum sari mengkudu dan NaCl yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum bio-baterai. Lembaran grafit digunakan sebagai anoda, sedangkan lembaran aluminium digunakan sebagai katoda. Sari mengkudu dengan variasi massa 14 g, 16 g, 18 g, dan 20 g serta 20 g tepung tapioka ditambahkan secara bertahap dan diaduk hingga terbentuk elektrolit padat. Elektrolit padatan ini kemudian dideposisikan di atas lembaran grafit, lalu ditutup dengan lembaran aluminium. Komposisi optimum antara massa sari mengkudu kemudian dikombinasikan dengan NaCl dengan variasi massa 2,5 g, 3 g, 3,5 g, dan 4 g untuk mencapai arus dan tegangan yang lebih tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa bio-baterai yang hanya menggunakan massa sari mengkudu sebagai sumber ion menghasilkan arus maksimum sebesar 0,73 mA dan tegangan maksimum sebesar 0,523 V, dengan massa optimum sebesar 18 g. Sementara itu, bio-baterai dengan kombinasi NaCl sebagai sumber ion menghasilkan arus sebesar 3,71 mA dan tegangan sebesar 0,757 V, dengan massa optimum 3,5 g. Penelitian ini sangat menjanjikan untuk pengembangan lebih lanjut karena metodenya yang sederhana serta penggunaan bahan yang murah dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : Bio-baterai, Sari mengkudu, NaCl, Tepung tapioka, Komposisi optimum

Utilization of Noni Fruit Juice and Table Salt (NaCl) as Ion Sources and Tapioca Flour as a Matrix for Bio-Battery Production

Abstract

In the pursuit of environmentally friendly and affordable energy solutions, bio-batteries utilizing natural materials have become a significant focus of research. The aim of this study is to determine the optimal composition of noni juice and NaCl that yields maximum current and voltage in bio-batteries. Graphite sheets were used as the anode, while aluminum sheets served as the cathode. Noni juice with varying masses of 14 g, 16 g, 18 g, and 20 g, along with 20 g of tapioca flour, was gradually added and stirred until a solid electrolyte was formed. This solid electrolyte was then deposited onto the graphite sheet, followed by a covering of the aluminum sheet. The optimal composition of noni juice mass was then combined with NaCl in varying masses of 2.5 g, 3 g, 3.5 g, and 4 g to achieve higher current and voltage. Measurement results indicated that the bio-battery using only noni juice as the ion source produced a maximum current of 0.73 mA and a maximum voltage of 0.523 V, with an optimal mass of 18 g. Meanwhile, the bio-battery with a combination of NaCl as the ion source generated a current of 3.71 mA and a voltage of 0.757 V, with an optimal mass of 3.5 g. This study is highly promising for further development due to its simple methodology and the use of inexpensive and environmentally friendly materials.

Keywords: Bio-battery, Noni extract, NaCl, Tapioca flour, Optimal composition

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 yang tidak dapat diperbarui. Di sisi lain, kebutuhan energi terus meningkat, sehingga muncul pencarian energi baru sebagai upaya alternatif untuk mencukupi kebutuhan energi (Sri Wahyu et al., 2019)

Energi alternatif menjadi harapan bagi sebagian masyarakat dalam memenuhi kebutuhan energi, khususnya untuk penyediaan listrik. Beberapa jenis energi alternatif, seperti biofuel, surya, angin, gelombang laut, arus laut, dan pasang surut, memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing dalam memenuhi persyaratan kualitas layanan untuk berbagai jenis permintaan. Namun, tidak semua energi alternatif mampu memenuhi permintaan listrik dengan intensitas tinggi di sektor-sektor tertentu yang menuntut mutu dan keandalan yang terjamin. Meskipun bersifat terbarukan, energi alternatif umumnya memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas, waktu, dampak lingkungan, kontinuitas, dan kebutuhan lahan yang signifikan, yang dapat menimbulkan keluhan di sektor-sektor tertentu (Liun, 2011).

Salah satu solusi potensial untuk mengatasi beberapa keterbatasan ini adalah dengan memanfaatkan limbah organik seperti sayur-sayuran dan buah-buahan. Buah-buahan mengandung berbagai zat yang dapat menghasilkan energi sel, seperti asam sitrat, nicotinamide, adenosine dinucleotide, hidrogen, dan asam askorbat. Sumber energi listrik alternatif terbarukan ini dapat berupa bio-baterai yang memanfaatkan sifat kelistrikan dari limbah buah-buahan dan sayur-sayuran yang mengandung banyak elektrolit sebagai pengganti baterai konvensional (Pohan, 2021).

Bio-baterai merupakan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan yang dihadapi oleh baterai konvensional yang menggunakan material berbahaya bagi lingkungan. Dengan

mengadopsi pendekatan yang memanfaatkan mikroorganisme atau enzim biologis sebagai katalisator, bio-baterai mampu menghasilkan energi listrik tanpa mengandalkan bahan kimia beracun atau logam berat yang seringkali terdapat dalam baterai konvensional. Pendekatan ini tidak hanya memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga membuka pintu bagi kemajuan teknologi yang lebih berkelanjutan dalam sektor penyimpanan energi (Hari Praswanto & Yohanes Setyawan, 2023).

Baterai adalah alat yang menghasilkan energi listrik melalui proses pemindahan elektron melalui media yang konduktif antara dua elektroda, yaitu anoda dan katoda. Proses ini menghasilkan arus listrik dan tegangan (Sirait et al., 2022). Permasalahan timbul ketika baterai kehabisan energi dan menjadi sumber polusi lingkungan karena sifatnya yang tidak dapat terurai. Jika limbah baterai tidak diproses dengan baik, hal ini dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang serius (Abdullah & Masthura, 2021)

Baterai komersial saat ini mengandung merkuri, timbal, kadmium, dan nikel, yang termasuk dalam kategori B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, bio-baterai menjadi solusi ramah lingkungan yang diadopsi untuk mengatasi masalah ini (Fadilah et al., 2015).

Para peneliti sudah banyak mengembangkan bio-baterai yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan limbah buah dan sayuran yang dapat menghasilkan energi listrik. Limbah kulit jeruk menghasilkan tegangan sebesar 0,81 Volt dan memiliki kuat arus sebesar 0,049 mA dengan pemasangan beban resistor sebesar 4,7 K (Sri Wahyu et al., 2019). Buah kedondong sebagai sumber energi alternatif pembuatan bio-baterai yang menghasilkan nilai tegangan listrik dari 1,43-1,97 Volt, arus listrik dari 0,87-1,37 mA, dan daya listrik dari 1,244-2,699 mW (Sirait et al., 2022).

Kinerja elektrolit sari buah mengkudu (*Morinda Citrifolia L*) untuk baterai Cu-Zn" menunjukkan bahwa sari buah mengkudu dapat menghasilkan tegangan sebesar 0,87 V.

Kandungan asam yang cukup potensial pada buah mengkudu membuatnya menjadi kandidat yang menjanjikan sebagai elektrolit pada bio-baterai. Dua elektroda yang dicelupkan dalam larutan dengan kandungan asam yang kuat dapat menciptakan potensial listrik antara elektroda, memungkinkan arus listrik untuk mengalir (Akbar et al., 2018). Selain itu, penambahan konsentrasi NaCl berpengaruh signifikan pada keluaran listrik bio-baterai dari sari buah mengkudu. Pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaCl mempengaruhi pH, konduktivitas listrik, dan keluaran listrik larutan elektrolit. Ketika konsentrasi NaCl ditambahkan ke dalam larutan bio-baterai dari sari buah mengkudu (dengan variasi 0%, 10%, dan 20% NaCl), pH sari buah mengkudu mengalami peningkatan keasaman, yaitu dari 2,8 menjadi 2,5, yang turut mendukung peningkatan kinerja bio-baterai (Jumiati et al., 2023).

Meskipun penelitian tentang bio-baterai telah menunjukkan kemajuan, hingga saat ini, hasilnya masih terbatas pada uji kelistrikan dalam skala laboratorium dan metode yang digunakan masih tergolong belum sederhana. Bio-baterai yang ada belum mencapai tahap di mana mereka dapat diproduksi secara massal atau digunakan secara luas dalam aplikasi nyata.

Pada penelitian ini, akan dilakukan Pengembangan bio-baterai dengan pendekatan yang lebih sederhana dan berbahan dasar ramah lingkungan. Anoda baterai akan menggunakan lembaran grafit, sementara katoda akan menggunakan lembaran aluminium. Komponen elektrolitnya akan menggunakan elektrolit padatan yang terdiri dari tepung tapioka sebagai matriks dan campuran garam dapur dengan sari buah mengkudu sebagai sumber ion. Proses pembuatan elektrolit padatan akan dilakukan dengan metode pencampuran sederhana. Penggunaan material yang terjangkau dan ramah lingkungan, serta pendekatan produksi yang sederhana, diharapkan dapat menghasilkan baterai yang tidak hanya ekonomis tetapi juga ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah buah mengkudu, NaCl, dan tepung tapioka, Buah mengkudu yang telah dicuci kemudian dipotong dan bijinya dibuang.

Setelah itu, buah mengkudu dihaluskan menggunakan blender listrik, dengan penambahan 10 ml air aqua. Proses blender dilakukan selama 2 menit. Setelah dihaluskan dan menjadi sari buah mengkudu, sari tersebut dimasukkan ke dalam gelas beaker. Variasi sari buah mengkudu yang digunakan adalah 14 g, 16 g, 18 g, dan 20 g. Selanjutnya, tepung tapioka sebanyak 20 g dicampurkan ke dalam setiap variasi untuk membuat padatan hingga terbentuknya elektrolit padatan. Elektrolit padatan ini kemudian ditempatkan antara lembaran grafit dan aluminium, dan dihubungkan menggunakan kabel penjepit buaya ke alat multimeter digital (Sanwa cd800a) untuk mengukur arus dan tegangan serta menemukan titik optimum dari elektrolit padatan sari mengkudu.

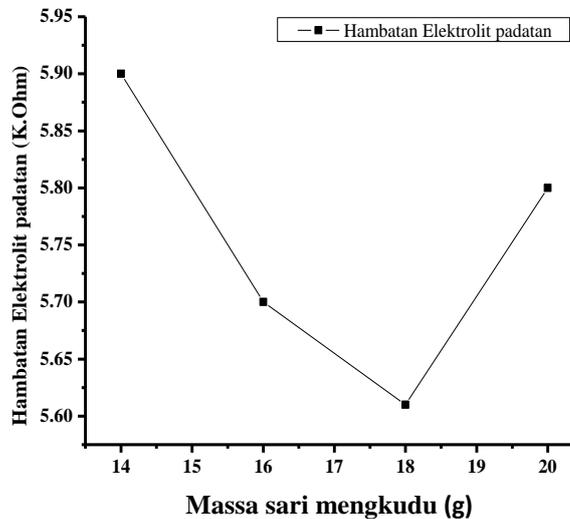
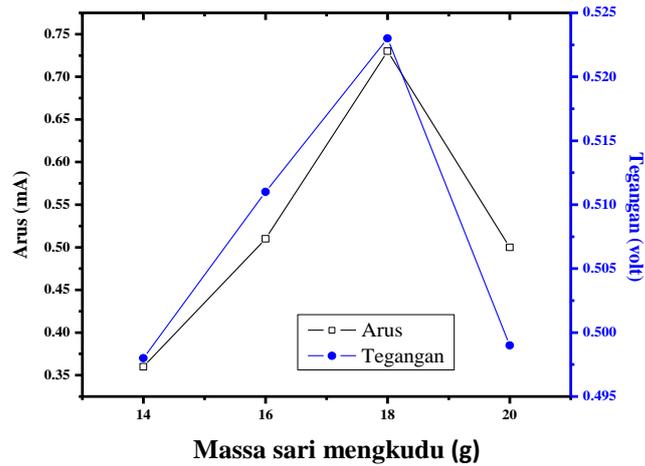
Setelah mendapatkan hasil optimal, langkah berikutnya adalah menambahkan NaCl ke dalam larutan sari mengkudu (massa optimum) dengan variasi 2,5 g, 3 g, 3,5 g, dan 4 g. Setelah itu, 20 g tepung tapioka dicampurkan untuk membentuk elektrolit padatan. Kemudian, arus dan tegangan diukur kembali untuk menemukan titik optimum dari elektrolit padatan sari mengkudu dan NaCl. Untuk menganalisis perubahan arus dan tegangan baterai, dilakukan pengukuran hambatan elektrolit padatan sebagai informasi konduktivitasnya, menggunakan ohmmeter (Sanwa cd800a).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dianalisis untuk mengetahui kondisi campuran elektrolit yang optimal melalui variasi penambahan massa NaCl. Hasil penelitian tentang pembuatan bio-baterai menggunakan sari buah mengkudu, NaCl, dan tepung tapioka sebagai matriks,

telah dilakukan sesuai dengan prosedur yang diterapkan dalam pembuatan bio-baterai dengan variasi campuran elektrolit. Dalam penelitian ini, bio-baterai memiliki fungsi yang mirip dengan baterai konvensional. Perbedaannya terletak pada elektrolit yang digunakan, yaitu berasal dari bahan alami. Sari buah mengkudu dan NaCl dicampur

dengan tepung tapioka untuk membentuk elektrolit padatan. Penelitian ini fokus pada pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan untuk mengevaluasi kemampuan struktur bio-baterai ini dalam menghasilkan arus dan tegangan, yang merupakan karakteristik utama sebuah baterai.



Gambar 4.1. (a) grafik hubungan antara massa sari mengkudu, arus dan tegangan. Gambar (b) grafik hubungan antara massa sari mengkudu dan hambatan elektrolit padatan

Tabel 4.1. Hubungan antara massa, arus, tegangan dan hambatan elektrolit padatan

Massa Sari Mengkudu (gram)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Hambatan Elektrolit Padatan (k.Ohm)
14	0,36	0,498	5,90
16	0,51	0,511	5,70
18	0,73	0,523	5,61
20	0,50	0,499	5,80

Pengaruh penggunaan massa sari mengkudu yang telah dideposisikan ke dalam padatan tepung tapioka terhadap kinerja bio-baterai, yang diukur dengan parameter arus dan tegangan, tergambar dalam Gambar 4.1 dan Tabel 4.1. Dapat diamati bahwa arus baterai naik seiring dengan bertambahnya massa sari mengkudu yang terdeposisikan di antara partikel-partikel tepung tapioka. Awalnya, arus baterai tercatat sebesar 0,36 mA ketika massa sari mengkudu sebesar 14 g, dan terus meningkat hingga mencapai 0,73 mA ketika massa sari mengkudu mencapai 18 g. Namun, arus baterai kembali turun ketika massa sari mengkudu lebih dari 18 g, pola kenaikan dan penurunan arus ini juga diikuti oleh kenaikan parameter tegangan baterai. Awalnya, tegangan tercatat sebesar 0,498 V ketika massa sari mengkudu sebesar 14 g, dan terus meningkat hingga mencapai tegangan tertinggi sebesar 0,523 V ketika massa sari mengkudu 18 g.

Pengukuran hambatan elektrolit cair dan padat baterai dilakukan menggunakan ohmmeter sebagai pengganti EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy), untuk memahami penyebab naik dan turunnya arus dan tegangan (Rahman D.Y., et.al., 2021).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perubahan arus dan tegangan baterai terjadi sejalan dengan perubahan hambatan elektrolit padatan baterai. Hambatan elektrolit padatan menurun seiring peningkatan massa sari mengkudu, menandakan peningkatan konduktivitas elektrolit padatan. Pada awalnya, hambatan tercatat sebesar 5,90 kΩ

saat massa sari mengkudu adalah 14 g, kemudian terus menurun mencapai titik terendah sebesar 5,61 kΩ saat massa sari mengkudu adalah 16 g. Namun, hambatan kembali naik ketika massa sari mengkudu melebihi 16 g, menunjukkan penurunan konduktivitas elektrolit padatan.

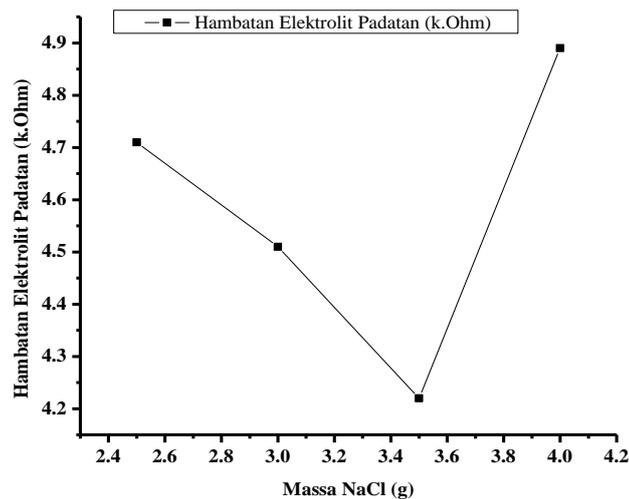
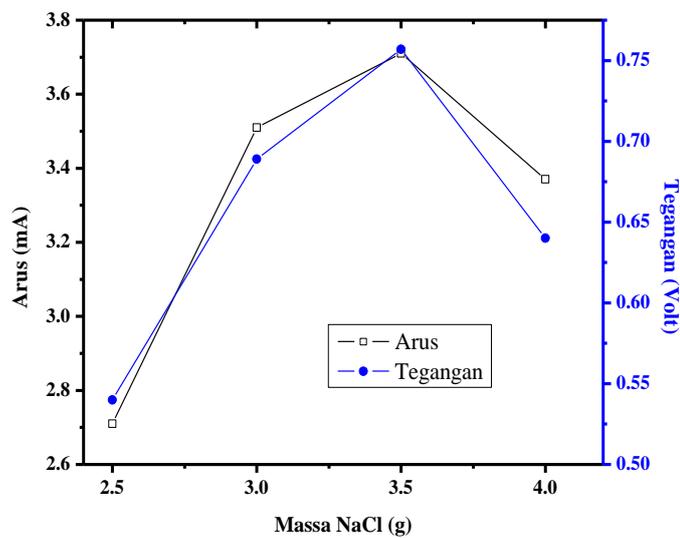
Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Manjunatha et al., 2019) yang memeriksa konduktivitas optimum Solid Polymer Electrolytes (SPEs). Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa konduktivitas ionik SPEs terus meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi garam anorganik dalam polimer host. Namun, terdapat konsentrasi garam tertentu yang kritis di mana konduktivitas SPEs menurun karena terjadinya pembentukan pasangan ion.

Pengaruh konsentrasi garam terhadap konduktivitas ionik juga terdapat dalam sistem elektrolit polimer campuran PSC elektrolit Lithium Trifluoromethanesulfonate LiCF_3SO_3 . Penelitian ini menganalisis bagaimana konduktivitas bervariasi dengan konsentrasi garam, menunjukkan bahwa konduktivitas ionik dalam sistem PSC meningkat dengan penambahan LiCF_3SO_3 dan mencapai puncaknya pada nilai $7,11 \times 10^{-7} \text{ S cm}^{-1}$. Peningkatan konduktivitas ini terkait dengan peningkatan jumlah pembawa muatan. Namun, teramat bahwa setelah penambahan lebih dari 35 wt. % LiCF_3SO_3 , konduktivitas mulai menurun. Penurunan ini bisa dijelaskan oleh pembentukan pasangan ion yang menghasilkan spesies netral, mengurangi jumlah ion yang tersedia secara bebas (Navaratnam et al., 2015).

Perubahan konduktivitas elektrolit padat yang mengandung ion-ion bergantung pada jarak antara ion-ion tersebut. Ketika jumlah ion rendah, jarak yang besar antara mereka menghambat pergerakan dalam elektrolit padatan, menyebabkan penurunan konduktivitas. Namun, penambahan sumber ion menyebabkan jarak antara ion menjadi lebih dekat, mempermudah pergerakan ion dan meningkatkan konduktivitas. Namun, kelebihan ion dalam larutan elektrolit

menyebabkan kesulitan dalam pergerakan karena adanya gaya tolak menolak antar ion yang terlalu dekat (M.P. Aji dkk, 2012).

Ion-ion yang ditemukan dalam buah mengkudu memiliki peran penting dalam kinerja bio-baterai. Kalium (K^+), Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+), dan Fosfat (PO_4^{3-}) secara kolektif memengaruhi konduktivitas listrik, penghantaran listrik, dan reaksi elektrokimia dalam sel bio-baterai (Akbar et al., 2018).



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

Tabel 4.2 Hubungan antara massa garam dapur (NaCl) sari mengkudu, arus, tegangan dan hambatan elektrolit padatan

Massa NaCl (gram)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Hambatan Elektrolit Padatan (K.Ohm)
2,5	2,71	0,540	4,71
3	3,51	0,689	4,51
3,5	3,71	0,757	4,22
4	3,37	0,650	4,89

Pengaruh penggunaan NaCl yang dideposisikan ke dalam padatan elektrolit massa sari buah mengkudu dengan kandungan optimum, terhadap kinerja bio-baterai dengan parameter arus dan tegangan dapat dilihat dari Gambar 4.2 dan Tabel 4.2. Arus baterai semakin naik dengan bertambahnya massa NaCl yang terdeposisikan di dalam elektrolit padatan massa sari buah mengkudu. Dimulai dari 2,71 mA ketika massa NaCl 2,5 g dan naik sampai menjadi 3,71 mA ketika massa NaCl 3,5 g. Arus baterai kembali turun ketika volumenya lebih dari 3,5 g. Pola naik dan turunnya arus diikuti juga oleh parameter tegangan baterai. Dimulai dengan 0,540 V ketika massa NaCl 2,5 g dan naik sampai mencapai tegangan tertinggi 0,757 V ketika massa NaCl 3,5 g. Tegangan kembali turun ketika massa NaCl lebih dari 3,5 g.

Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi fluktuasi arus dan tegangan dalam baterai, dilakukan pengukuran terhadap hambatan elektrolit padatan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perubahan arus dan tegangan dalam baterai dapat disebabkan oleh fluktuasi hambatan elektrolit padatan. Penurunan atau kenaikan hambatan elektrolit padatan baterai secara signifikan mempengaruhi perubahan arus dan tegangan baterai. Secara khusus, penurunan hambatan elektrolit padatan teramati seiring peningkatan massa NaCl yang mengindikasikan peningkatan konduktivitas elektrolit padatan. Awalnya, hambatan berada pada 4,71 k.Ohm ketika massa NaCl 2,5 g, kemudian menurun hingga mencapai titik terendah pada 4,22

k.Ohm ketika massa NaCl 3,5 g. Namun, hambatan kembali meningkat ketika massa NaCl melebihi 3,5 g, menunjukkan penurunan konduktivitas elektrolit padatan.

Penelitian yang sama terkait naik dan turunnya konduktivitas elektrolit polimer padatan yang menggunakan dua jenis ion, yaitu LiOH dan Fe₃O₄. Pada awalnya peneliti menggunakan polimer PVA (Polivinil Alcohol) sebagai matrik dan LiOH sebagai sumber ion. Konsentrasi LiOH divariasikan dari 0–10 wt%. Konduktivitas elektrolit padatan mencapai titik maksimum ketika konsentrasi LiOH 9 wt%. Konduktivitas kembali turun setelah konsentrasi LiOH di atas 9 wt%. Kemudian pada titik optimum ini dicampurkan dengan Fe₃O₄ dengan fraksi volume 0–0.35 v%. Konduktivitas maksimum terjadi ketika fraksi volume Fe₃O₄ sebesar 0,22 v% (Aji et al., 2012).

KESIMPULAN

Bio-baterai dengan struktur yang menggunakan grafit sebagai katoda, aluminium sebagai anoda, dan elektrolit padatan berbahan tepung tapioka sebagai matriks serta sari buah mengkudu sebagai sumber ion telah berhasil difabrikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai dengan sumber ion sari buah mengkudu mencapai titik optimum pada 18 g, menghasilkan tegangan sebesar 0,523 V dan arus sebesar 0,73 mA. Sementara itu, baterai dengan penambahan massa garam dapur NaCl mencapai konsentrasi optimum pada 3,5 g massa garam dapur NaCl, menghasilkan

tegangan sebesar 0,757 V dan arus sebesar 3,71 mA. Penelitian ini layak untuk dikembangkan lebih lanjut karena menggunakan material yang ekonomis, ramah lingkungan, dan metode yang sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Masthura, M. (2021). Pemanfaatan Sari Nenas Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembuatan Bio-Baterai. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 51. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8494>
- Aji, M. P., Rahmawati, Masturi, Bijaksana, S., Khairurrijal, & Abdullah, M. (2012). Electrical and Magnetic Properties of Polymer Electrolyte (PVA:LiOH) Containing In Situ Dispersed Fe₃O₄ Nanoparticles. *ISRN Materials Science*, 2012(3), 1–7. <https://doi.org/10.5402/2012/795613>
- 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.
- Akbar, S. A., Armelianda, D., & Muttakin, M. (2018). Electrolyte Performance of Noni Fruit Extracts (Morinda Citrifolia L.) for C–Zn Batteries. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 1(2), 74. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v1i2.3390>
- Arniyanti, M., Syahidah, F., Abdila, A., Sabil, J. A., Saputri, V. Y., Hasanah, L. M., & Su'udi, M. (2023). Pemanfaatan Buah Mengkudu (Morinda citrifolia L.) Sebagai Antidiabetes Dan Antihipertensi. *Journal of Current Pharmaceutical Sciences*, 6(2), 604–611.
- Fadilah, S., Rahmawati, R., & Pkim, M. (2015). Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (Musa Paradisiaca). 2015(Snips), 45–48.
- Hari Praswanto, D., & Yohanes Setyawan, E. (2023). Analisa Karakteristik Model BioBaterai dari Campuran Limbah Kulit Kacang dan Bambu Ori dengan Katalis Gel Elektrolit. *Prosiding SENIATI*, 7(1), 149–155. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i1.8060>
- 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>
- Liun, E. (2011). Potensi Energi Alternatif Dalam Sistem Kelistrikan Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV*, 311–322.
- Manjunatha, H., Damle, R., & Kumaraswamy, G. N. (2019). Effect of Mixed Ions and Ion Irradiation on Ionic Conductivity of Solid Polymer Electrolytes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 577(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/577/1/012195>
- Navaratnam, S., Sanusi, A., Ahmad, A. H., Ramesh, S., Ramesh, K., & Othman, N. (2015). Conductivity studies of biopolymer electrolyte

based on potato starch/chitosan blend doped with LICF3SO3. *Jurnal Teknologi*, 75(7), 1–5. <https://doi.org/10.11113/jt.v75.5163>

Pohan, R. (2021). *Pembuatan Biobaterai Berbahan Kulit Nenas (Ananas Comosus) Dengan Memvariasikan Elektroda*. http://repository.uinsu.ac.id/11956/%0Ahttp://repository.uinsu.ac.id/11956/1/Skripsi_Rahmasari_Pohan.pdf

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.

Sirait, R., Masthura, M., & Inka Putri, F. (2022). Analisis Kedondong Sebagai Bahan Pembuatan Elektrolit Pada Bio-Baterai. *EINSTEIN E-JOURNAL*, 10(3), 53. <https://doi.org/10.24114/einstein.v10i3.39516>

Sri Wahyu, S., Asmarani, S., & Supriyanto, A. (2019). Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk Sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 7(1), 7–16.