



Pengembangan Bio-Baterai Berbasis Sari Tomat Rampai dan NaCl dengan Tepung Tapioka sebagai Matriks Elektrolit Padatan

Wenny Hasrolita, Dui Yanto Rahman, Rahmawati, Rita Sulistyowati

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

*e-mail: duiyantorahmanmsi@gmail.com

Received: 28 06 2024. Accepted: 02 02 2025. Published: 02 2025

Abstrak

Bio-baterai yang mengutamakan bahan-bahan alami menjadi sorotan utama dalam upaya mencari solusi energi yang ramah lingkungan dan terjangkau. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan komposisi optimum sari tomat rampai dan NaCl yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum pada bio-baterai. Lembaran grafit digunakan sebagai katoda, sedangkan lembaran aluminium digunakan sebagai anoda. Sari tomat rampai dengan variasi volume 9-19 mL ditambahkan secara bertahap dengan tepung tapioka dan diaduk hingga terbentuk elektrolit padat. Elektrolit padat ini kemudian ditempatkan di antara lembaran grafit dan aluminium. Komposisi optimum antara variasi sari tomat rampai kemudian dikombinasikan dengan NaCl dengan variasi massa 1-6 g untuk mencapai arus dan tegangan yang lebih tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa bio-baterai yang hanya menggunakan sari tomat rampai sebagai sumber ion menghasilkan arus maksimum sebesar 0,89 mA dan tegangan maksimum sebesar 0,636 V, dengan volume sari tomat rampai sebesar 15 ml. Sementara itu, bio-baterai dengan kombinasi NaCl sebagai sumber ion menghasilkan arus sebesar 2,68 mA dan tegangan sebesar 0,809 V, dengan massa optimum 2 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, tomat rampai, NaCl, arus, tegangan

Fabrication of Bio-Batteries from Tomato Juice and NaCl with Tapioca Flour as Solid Electrolyte Material

Abstract

Bio-batteries that prioritize natural materials have become a focal point in the quest for environmentally friendly and affordable energy solutions. The aim of this research is to determine the optimal composition of rampai tomato extract and NaCl that generates the maximum current and voltage in bio-batteries. Graphite sheets are used as the cathode, while aluminum sheets are used as the anode. Rampai tomato extract with varying volumes of 9-19 ml is gradually added with tapioca flour and stirred until a solid electrolyte is formed. This solid electrolyte is then placed between the graphite and aluminum sheets. The optimal composition of the various rampai tomato extracts is then combined with NaCl in varying masses of 1 - 6 g to achieve higher current and voltage. The measurement results show that bio-batteries using only rampai tomato extract as the ion source produce a maximum current of 0.89 mA and a maximum voltage of 0.636 V, with an extract volume of 15 ml. Meanwhile, bio-batteries with a combination of NaCl as the ion source produce a current of 2.68 mA and a voltage of 0.809 V, with an optimal mass of 2 g. This research is very promising for further development due to its simple method and the use of inexpensive and environmentally friendly materials.

Keywords: bio-battery, cherry tomato, NaCl



PENDAHULUAN

Keterbatasan ketersediaan energi fosil untuk pembangkit listrik telah mendorong upaya penelitian dan pengembangan dalam memanfaatkan sumber energi alternatif (Masthura & Jumiati, 2021). Baterai merupakan salah satu pilihan energi alternatif yang dapat membantu memenuhi kebutuhan energi saat ini, terutama dalam konteks energi listrik. Baterai menggunakan reaksi kimia untuk menyimpan dan menghasilkan tenaga listrik (Purwati & Harjono, 2017).

Bio-baterai adalah sumber energi listrik yang dapat diperbaharui, menggunakan limbah dari buah-buahan dan sayuran yang mengandung elektrolit sebagai pengganti baterai konvensional (Abdullah & Masthura, 2021). Karena asam merupakan salah satu sifat dari elektrolit dalam baterai, maka alternatif elektrolit dapat diperoleh dari sifat asam buah tersebut (Suciyati et al., 2019). Buah tomat (*solanum lycopersicum*) merupakan salah satu buah yang paling melimpah di Indonesia mengalami peningkatan pada tahun 2017 sebesar 9,01% dibandingkan dengan tahun 2016, mencapai 962.849 ton (Prasetyo et al., 2019). Buah tomat mengandung protein sebanyak 3%, lipida 1%, solanin 0,07%, serta asam-asam seperti asam sitrat, asam malat, asam sukniat, asam furmanat, dan asam (Sipayung et al., 2019). Tomat yang paling banyak dijumpai di pasaran yaitu tomat biasa, tomat rampai dan tomat ceri. Tomat rampai (*lycopersicon pimpinellifolium*) merupakan salah satu produk hortikultura yang sangat bermanfaat bagi tubuh. Dibandingkan jenis tomat lainnya, tomat rampai memiliki kandungan vitamin C lebih tinggi (Wulandari, 2017). Dengan demikian kandungan asam dari buah tomat dapat dijadikan elektrolit alternatif untuk menghasilkan energi listrik.

Penelitian mengenai buah dan sayuran sebagai sumber energi alternatif telah banyak dilakukan. Beberapa di antaranya adalah penggunaan kulit jambu dan kulit nanas (Sitanggang et al., 2021). Tomat busuk dan ampas kelapa (Urniati et al., 2020), tomat dan jeruk (Syahputra et al., 2020), kulit jeruk dan asam jawa (Anshar et al., 2021), Belimbing Wuluh (Anjarsari, et al., 2024) serta Mengkudu (Yanti, et al., 2024). Buah-buahan tersebut mengandung zat seperti asam aksorbat, asam sitrat dan Nicotinamide Adenosine Dinucleotide Hydrogen (NADH), yang berperan dalam menghasilkan sel energi sebagai elektrolit bio-baterai (Fauzia et al., 2019).

Selain itu, penelitian juga telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh bahan elektroda terhadap kelistrikan buah, seperti jeruk dan tomat, sebagai solusi energi alternatif sebagai solusi energi alternatif telah berhasil dilakukan (Sintiya & Nurmasiyah, 2019). Hasil penelitian yang didapat yaitu elektroda Cu-Fe menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan listrik lebih kecil dibanding dengan memakai elektroda Cu-Mg. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis elektroda memengaruhi efisiensi energi yang dihasilkan oleh buah-buahan seperti tomat dan jeruk nipis.

Penelitian lainnya menyoroti penggunaan pasta bio-baterai berbahan kulit pisang dan durian yang dilakukan oleh Soedjarwanto & Komarudin (2015), Hasilnya menunjukkan bahwa kulit pisang memiliki tegangan maksimum sebesar 1,12 volt, lebih besar dibandingkan dengan kulit durian yang hanya menghasilkan tegangan sebesar 0,99 volt. Hal ini menunjukkan bahwa jenis bahan organik memengaruhi kinerja bio-baterai secara signifikan..

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, penelitian baru dilakukan untuk mengembangkan bio-baterai dengan menggunakan sari tomat rampai dan

NaCl sebagai sumber ion. Dalam penelitian ini, tepung tapioka digunakan sebagai matriks elektrolit padatan. Penambahan NaCl diharapkan dapat meningkatkan konduktivitas elektrolit, mengingat pada berbagai sistem elektrolit, seperti campuran polimer dan larutan elektrolit, penambahan NaCl dapat meningkatkan jumlah ion bebas dan mobilitas ion (Kumar, et al., 2024). Dengan inovasi ini, diharapkan bio-baterai berbasis tomat rampai dapat menjadi solusi energi alternatif yang lebih efisien. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan bio-baterai yang menggunakan bahan-bahan murah dan ramah lingkungan sebagai sumber energi alternatif. Diharapkan penggunaan bahan yang murah dan ramah lingkungan dapat menghasilkan baterai yang ekonomis dan tidak mencemari lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah sari tomat rampai, NaCl (garam dapur) dan tepung tapioka (Pak Tani Gunung.Rosebrand).

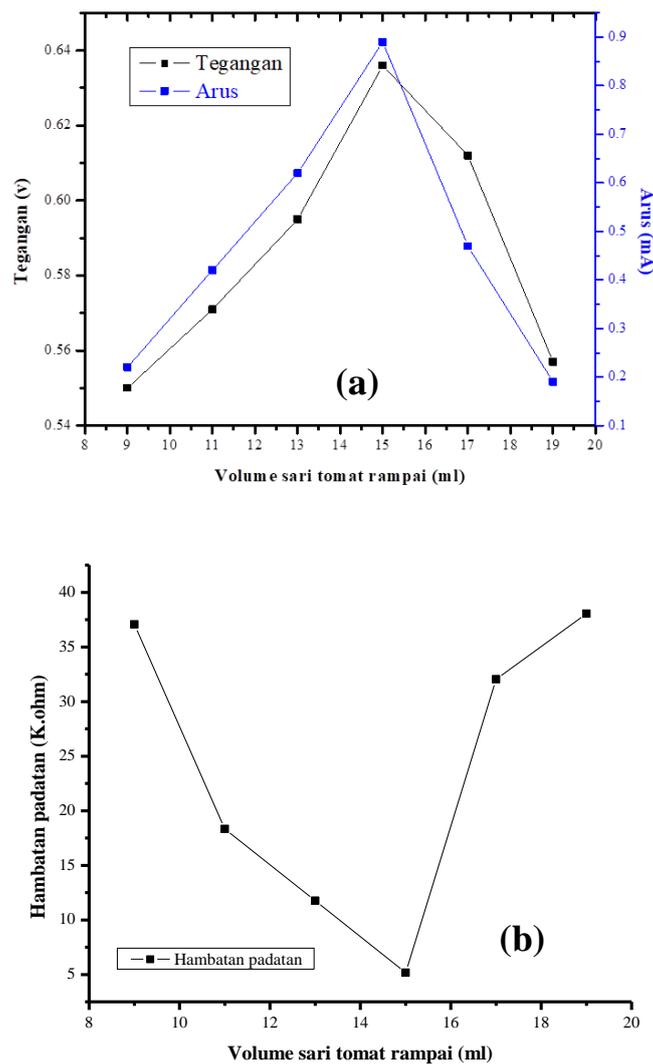
Tomat rampai yang telah dicuci kemudian dikeringkan menggunakan tisu. Selanjutnya, tomat rampai dihaluskan menggunakan blender listrik. Setelah halus, tomat rampai disaring menjadi sari buah dan dimasukkan ke dalam gelas beaker. Variasi sari tomat rampai yang digunakan adalah 9 g, 11 g, 13 g, 15 g, 17 g, dan 19 g. Kemudian, 25 g tepung tapioka dicampurkan ke dalam setiap variasi hingga terbentuk elektrolit padatan. Elektrolit padatan ini kemudian ditempatkan antara lembaran grafit dan aluminium, dan dihubungkan menggunakan kabel penjepit buaya ke multimeter digital (Sanwa cd800a) untuk mengukur arus dan tegangan. Setelah mendapatkan hasil optimal, langkah berikutnya adalah menambahkan NaCl ke dalam larutan sari tomat rampai (massa optimum) dengan variasi 1 g, 2 g, 3 g, 4

g, 5 g, dan 6 g. Setelah itu, 25 g tepung tapioka dicampurkan untuk membentuk elektrolit padatan. Kemudian, arus dan tegangan diukur kembali untuk menemukan titik optimum dari elektrolit padatan sari tomat rampai dan NaCl. Untuk menganalisis perubahan arus dan tegangan baterai, dilakukan pengukuran hambatan elektrolit padatan sebagai informasi konduktivitasnya menggunakan ohmmeter (Sanwa cd800a).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengukuran tegangan dan arus listrik yang diperoleh dapat dilihat pada Grafik 4.1 dan Tabel 4.1.

Pengaruh penggunaan sari tomat rampai yang dideposisikan ke dalam padatan tepung tapioka terhadap kinerja bio-baterai dengan parameter arus dan tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1. Arus baterai meningkat seiring dengan bertambahnya volume sari tomat rampai yang terdeposisikan di antara partikel partikel tepung tapioka, dimulai dari 0,22 mA pada volume 9 ml dan naik hingga 0,89 mA pada volume 15 ml. Arus kembali menurun ketika volume sari tomat rampai melebihi 15 ml. Pola kenaikan dan penurunan arus ini juga diikuti oleh perubahan tegangan baterai. Tegangan awalnya sebesar 0,550 V pada volume 9 ml, meningkat hingga mencapai tegangan tertinggi 0,636 V pada volume 15 ml, dan kemudian menurun ketika volume sari tomat rampai lebih dari 15 ml. Untuk memahami penyebab dari perubahan arus dan tegangan tersebut, dilakukan pengukuran hambatan elektrolit padatan pada baterai menggunakan ohmmeter sebagai pengganti Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) (Rahman, D.Y., et al 2021).



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

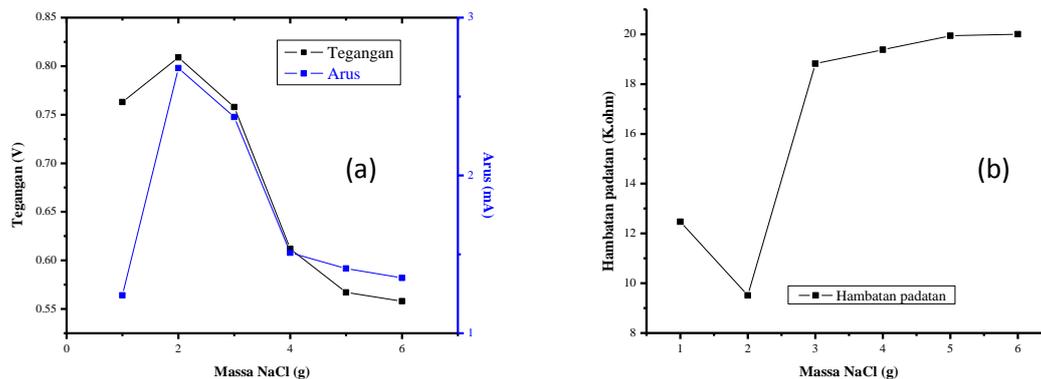
Tabel 4.1. Hubungan variasi sari tomat rampai terhadap nilai tegangan, arus dan hambatan padatan baterai

Sari tomat rampai	Tegangan (volt)	Arus (mA)	Hambatan elektrolit padatan (k.ohm)
9ml	0.550	00.22	37.06
11ml	0.571	00.42	18.32
13ml	0.595	00.62	11.75
15ml	0.636	00.89	5.17
17ml	0.612	00.47	32.05
19ml	0.557	00.19	38.05

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perubahan arus dan tegangan baterai disebabkan oleh perubahan hambatan elektrolit padatan. Hambatan elektrolit padat berkurang seiring bertambahnya volume sari tomat rampai, yang mengindikasikan peningkatan konduktivitas elektrolit padat. Pada elektrolit padat, hambatan awalnya sebesar 37,06 k.Ohm pada volume 9 ml, turun hingga titik terendah 5,17 k.Ohm pada volume 15 ml, kemudian meningkat lagi saat volume melebihi 15 ml, menunjukkan penurunan konduktivitas elektrolit padat.

Naik dan turunnya konduktivitas sebuah elektrolit padatan yang mengandung ion-ion berhubungan dengan jarak antar ion. Bila kandungan ion terlalu sedikit, maka jarak antar ion

yang begitu jauh membuat pergerakan ion-ion dalam larutan menjadi lama. Dengan bertambahnya ion, maka jarak antar ion menjadi semakin dekat sehingga pergerakan ion menjadi lebih mudah. Apabila terlalu banyak ion dalam larutan elektrolit membuat ion sulit bergerak karena terdapat gaya tolak menolak antar ion dalam jarak yang terlalu dekat (Aji, M. P., et al., 2012). Untuk meningkatkan performa bio-baterai, ditambahkan NaCl. NaCl menghasilkan ion Na⁺ dan Cl⁻, yang meningkatkan konduktivitas listrik larutan. Pengaruh penggunaan NaCl yang dideposisikan ke dalam elektrolit padat berbasis sari tomat rampai dengan kandungan optimum terhadap kinerja bio-baterai dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.2 berikut :



Gambar 4.2. (a) Grafik hubungan antara variasi massa NaCl, Arus dan Tegangan, (b) Grafik hubungan antara variasi massa NaCl, Hambatan elektrolit padatan

Tabel 4.2. Hubungan massa NaCl dalam nilai optimum sari tomat rampai terhadap nilai tegangan, arus dan hambatan elektrolit padatan.

Garam dapur (NaCl)	Tegangan (volt)	Arus (mA)	Hambatan padatan (k.Ohm)
1gr	0.763	01.24	12.47
2gr	0.809	02.68	9.51
3gr	0.758	02.37	18.82
4gr	0.612	01.51	19.38
5gr	0.567	01.41	19.94
6gr	0.558	01.35	20.01

Arus baterai meningkat seiring bertambahnya massa NaCl yang dideposisikan dalam elektrolit padat berbasis sari tomat rampai, dimulai dari 1,24 mA pada massa NaCl 1 g dan naik menjadi 2,68 mA pada massa NaCl 2 g. Arus kembali menurun saat massa NaCl melebihi 2 g. Pola kenaikan dan penurunan arus ini juga diikuti oleh perubahan tegangan baterai, yang dimulai dari 0,763 V pada massa NaCl 1 g, naik hingga mencapai tegangan tertinggi 0,809 V pada massa NaCl 2 g, dan kemudian menurun saat massa NaCl melebihi 2 g. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan erat antara massa NaCl dan kinerja elektrolit padatan dalam sistem baterai.

Perubahan arus dan tegangan baterai tersebut dapat dijelaskan melalui variasi hambatan elektrolit padatan. Penurunan hambatan elektrolit padatan seiring bertambahnya massa NaCl mengindikasikan peningkatan konduktivitas. Pada massa NaCl 1 g, hambatan awal tercatat sebesar 12,47 k Ω dan menurun hingga titik terendah sebesar 9,51 k Ω pada massa NaCl 2 g. Namun, ketika massa NaCl melebihi 2 g, hambatan kembali meningkat, yang menunjukkan bahwa kelebihan NaCl dapat mengurangi efektivitas konduktivitas ionik dalam elektrolit padatan.

Fenomena ini konsisten dengan penelitian sebelumnya. Dalam sistem polimer seperti PEO/PVP yang dicampur dengan NaCl, peningkatan konsentrasi garam dan suhu dilaporkan mampu meningkatkan konduktivitas ionik secara signifikan (Kumar, et al. 2012). Penelitian lainnya pada elektrolit berbasis pati jagung dengan NaCl menunjukkan bahwa konduktivitas ionik tertinggi dicapai pada rasio 70 wt.% - 30 wt.%, dengan nilai konduktivitas dalam kisaran $(1,72 \pm 0,12) \times 10^{-5}$ S/cm (Shahrudin, S., & Ahmad, A., 2017). Hal ini menegaskan bahwa interaksi antara material dasar

elektrolit dan garam memainkan peran penting dalam meningkatkan konduktivitas.

Selain itu, pengembangan elektrolit biopolimer (BPEs) berbasis CMC-NH₄Br yang dilunakkan dengan etilena karbonat (EC) juga mendukung hasil ini. Penelitian tersebut melaporkan bahwa konduktivitas tertinggi pada suhu kamar untuk sistem BPEs adalah $1,12 \times 10^{-4}$ S/cm, yang meningkat menjadi $3,31 \times 10^{-3}$ S/cm dengan penambahan 8 wt.% EC. (Samsudin & Isa, 2015). Keseluruhan temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan konduktivitas elektrolit dalam berbagai sistem, baik berbasis polimer, biopolimer, maupun bahan alami seperti pati jagung dan sari tomat, dipengaruhi oleh konsentrasi ionik optimal serta struktur materialnya. Pendekatan serupa dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi baterai berbasis material organik di masa depan.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat bio-baterai dengan struktur yang menggunakan grafit sebagai katoda, aluminium sebagai anoda, dan elektrolit padat berbahan dasar tepung tapioka yang dicampur dengan sari tomat rampai dan NaCl sebagai sumber ion. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai yang menggunakan sari tomat rampai sebagai sumber ion memiliki volume optimal sebesar 15 ml, menghasilkan tegangan 0,636 V dan arus 0,89 mA. Sementara itu, baterai dengan kombinasi sumber ion sari tomat rampai dan NaCl, memiliki massa optimal pada 2 g NaCl dan 15 ml sari tomat rampai, menghasilkan tegangan 0,809 V dan arus 2,68 mA. Penelitian ini sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut karena menggunakan bahan yang murah, 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>
- Anshar, A. N., Maulana, A., Nurazizah, S., Nurjihan, Z., Anggraeni, S., & Nandiyanto, A. B. D. (2021). Electrical Analysis of Combination of Orange Peel and Tamarind for Bio-battery Application as an Alternative Energy. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, 1(1), 125–128. <https://doi.org/10.17509/ijomr.v1i1.33793>
- 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>
- Kumar, S., Raghupathy, R., Vezzù, K., Garaga, M., Zhu, X., Greenbaum, S., Di Noto, V., & Vittadello, M. (2024). Sodium Ion-Conducting Electrolytes Based on Chloroaluminate Ionic Liquids and δ -NaCl. *ChemSusChem*, e202400863. <https://doi.org/10.1002/cssc.202400863>
- Kumar, K., Ravi, M., Pavani, Y., Bhavani, S., Sharma, A. K., & VVR, N. R. (2012). Electrical conduction mechanism in NaCl complexed PEO/PVP polymer blend electrolytes. *Journal of non-crystalline solids*, 358(23), 3205–3211.
- Masthura, M., & Jumiati, E. (2021). Pengaruh Variasi Volume Larutan Kulit Nenas Terhadap Sifat Kelistrikan Bio-Baterai. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika*, 7(3), 1. <https://doi.org/10.24114/jiaf.v7i3.26618>
- Prasetyo, J., Pratama, K. E., & Latriyanto, A. (2019). Efek Tegangan Searah (Dc) Terhadap Dewatering Pasta Tomat Menggunakan Metode Electroosmosis Dewatering. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(2), 256–263. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i2.145>
- Purwati, W., & Harjono, T. (2017). Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Energi Alternatif Pada Batterai. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 13(2), 61–67.
- Samsudin, A. S., & Isa, M. I. N. (2015). Conduction Mechanism of Enhanced CMC-NH₄Br Biopolymer Electrolytes. *Advanced Materials Research*, 1108(January), 27–32. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1108.27>
- Shahrudin, S., & Ahmad, A. (2017). Electrical Analysis of Cornstarch-Based Polymer Electrolyte Doped with NaCl. *Solid State Phenomena*, 268, 347 - 351. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.268.347>
- Sintiya, D., & Nurmasiyah. (2019). Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Jeruk Dan Tomat Sebagai Solusi Energi Alternatif. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 2(1), 1–6.
- Anjarsari, S., Rahman, D. Y., & Sulistyowati, R. (2024). Pembuatan Bio-Baterai Berbahan Dasar Sari Belimbing Wuluh dan NaCl sebagai Sumber Ion serta Onggok Singkong sebagai Matriks. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 6(1), 1-10.
- Sipayung, N. P., Kirom, M. R., & Iskandar, R. F. (2019). Studi Pengaruh Waktu Inkubasi Substrat Tomat Busuk Pada Study of the

- Time Incubation Tomato Waste Substrate Effect in Microbial Fuel Cell To the Electrical Energy Production on Reactor Dual Chamber. *e-Proceeding of Engineering*, 6(2), 5485–5492.
- Sitanggang, J. E., Latifah, N. Z., Sopian, O., Saputra, Z., Nandiyanto, A. B. D., & Anggraeni, S. (2021). Analysis of Mixture Paste of Cassava Peel and Pineapple Peel as Electrolytes in Bio Battery. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 1(2), 53–56. <https://doi.org/10.17509/ajse.v1i2.34225>
- Soedjarwanto, N., & Komarudin, M. (20159). Pemanfaatan Sampah Kulit Pisang dan Kulit Durian Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Pasta Batu Baterai. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 9(3), 137–146.
- Suciyati, S. W., 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.
- Syahputra, R. A., Rahmah, S., Syafei, M. S., Hidayah, F. N., Simanjuntak, M. E., Hutasoit, R., Sitorus, Y. A., & Barutu, Z. A. (2020). Battery Construction From Lime Orange. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v3i1.18314>
- Urnati, A. N. M., Terusan, J., & Sudirman, J. (2020). *Busuk*. 7(1), 28–34.
- Wulandari, D. S. (2017). Pengaruh Pupuk Kotoran Kambing Terhadap Produksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* Mill). In *Repository.Unej.Ac.Id*. <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/85047>
- Yanti, W., & Rahman, D. Y. (2024). Pemanfaatan Sari Buah Mengkudu dan Garam Dapur (NaCl) sebagai Sumber Ion serta Tepung Tapioka sebagai Matriks untuk Pembuatan Bio-Baterai. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 6(1), 11-18.