

Pemanfaatan Kulit Nenas dengan Variasi KCL, Gliserol dan Air Semen sebagai Elektrolit untuk Aplikasi Biobaterai Ramah Lingkungan

Latipa Hannum Dalimunthe^{1,*}, Neneng Fitrya¹, Shabri Putra Wirman¹

¹Laboratorium Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Muhammadiyah Riau, Jl. Tuanku Tambusai, Pekanbaru, 28290, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 11 Agustus 2023
Direvisi: 15 Oktober 2023
Diterima: 19 Desember 2023

Kata kunci:

Bio-baterai,
Karakteristik Kelistrikan
Kulit Nenas

Keywords:

Bio-battery
Electrical characteristics
Pineapple skin

Penulis Korespondensi:

Latipa Hannum Dalimunthe
Email: latipahannum52@gmail.com

ABSTRAK

Biobaterai adalah baterai yang terbuat dari bahan alam yang ramah lingkungan. Biobaterai mampu menghasilkan energi listrik dengan menggunakan elektrolit kulit nenas dan elektroda Cu-Zn. Desain sel biobaterai yang dibuat menggunakan sel galvanik pada sel tertutup dengan variasi sel 3, 6, 9, 12, 16 yang disusun secara seri. Elektrolit biobaterai yang digunakan adalah elektrolit ampas kulit nenas murni, ampas murni dengan penambahan KCL, Ampas murni dengan penambahan Air semen, serta ampas murni dengan penambahan Gliserol. Pengukuran sifat listrik dari ampas nenas dengan menggunakan lampu DC 6 watt dengan melihat tingkat lama lampu menyala permenit. Tegangan maksimum diperoleh pada variasi penambahan KCL sebanyak 16 sel sebesar 9 V dan arus sebesar 0.9 mA, daya listrik yang diukur sebesar 8.01 mW dengan lama lampu menyala selama 480 m. penambahan jenis campuran akan mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Semakin asam elektrolit maka nilai tegangan dan arus semakin tinggi, semakin basa elektrolit maka nilai arus semakin kecil. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sel yang digunakan maka nilai tegangan dan arus semakin tinggi, semakin sedikit jumlah sel yang digunakan maka nilai tegangan dan arus semakin kecil.

Biobatteries are batteries made from environmentally friendly natural materials. Biobatteries are capable of producing electrical energy using pineapple skin electrolyte and Cu – Zn electrodes. The design of biobattery cells made using galvanic cells in closed cells with cell variations 3, 6, 9, 12, and 16 arranged in series. The bio-battery electrolyte used is pure pineapple skin dregs, pure dregs with the addition of KCL, pure dregs with the addition of cement water, and pure dregs with the addition of glycerol. Measurement of the electrical properties of the pineapple dregs electrolyte using a 6 Watt DC lamp by looking at the length of time the lamp is on per hour. The maximum voltage is obtained at the variation of the addition of KCL as many as 16 cells of 9 V and a current of 0.9 mA, the measured electric power is 8.01 mW with a long light on for 8 hours. The addition of mixed variations will affect the resulting value. The more acidic the electrolyte, the higher the current value, the wetter the electrolyte, the smaller the current value. This research shows that the more the number of cells used, the higher the voltage value, the fewer the number of cells used, the smaller the voltage value.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Nenas merupakan jenis tanaman yang banyak ditanam di Indonesia, menurut (Gestaparwati & Nugraheni, 2021) produksi nenas di Indonesia mencapai 3,2 juta ton pertahun 2022 dan diperkirakan bahwa angka produksi nenas meningkat sekitar 10,99% dari produksi nenas tahun 2021 yaitu 2,8 juta ton, salah satu provinsi dengan produksi nenas terbanyak di Indonesia yaitu provinsi riau. Riau mampu memproduksi buah nenas sebanyak 261 769,00/Ton (Murtini et al., 2022). Tingkat produksi yang banyak, mengakibatkan jumlah limbahnya semakin meningkat hingga mencapai 60-80% dari produksi buah nenas (Murni et al., 2008). Limbah nenas yang masih banyak dibuang yaitu kulit nenas. Kulit nenas memiliki beberapa kandungan asam yang tinggi antara lain, kandungan asam sitrat, asam malat, dan asam oksalat serta kandungan karbohidrat yang tinggi (Masthura & Jumiati, 2021). Kandungan asam dari kulit nenas di dominasi oleh asam sitrat sebesar 78% yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik (Djamalu et al., 2019), salah satu pemanfaatannya yaitu dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan berupa biobaterai.

Biobaterai merupakan baterai yang terbuat dari bahan alam yang ramah lingkungan dan tidak mengandung zat kimia berbahaya (Masthura et al., 2021). Prinsipnya biobaterai hanya melibatkan transfer elektron antara dua buah batang penghantar (elektroda) dengan perantara elektrolit sebagai media berlangsungnya reaksi redoks sehingga menghasilkan beda potensial listrik dan arus listrik (Oktaviani & Gaol, 2022).

Penelitian tentang biobaterai sudah banyak dilakukan, whydiantoro telah memanfaatkan limbah kulit durian sebagai biobaterai. Kandungan yang terdapat pada kulit durian seperti: zat kalium, natrium, mangan dan asam folat mampu menghasilkan aliran listrik (Khairiah & Destini, 2017). Hasil tegangan tertinggi yang diperoleh dengan memanfaatkan limbah kulit durian dengan memvariasikan jarak yaitu 0,97-1,20 V dengan nilai arus tertinggi yaitu 0,80-1,20 mA (Whydiantoro et al., 2019). Pada penelitian neneng juga telah dilakukan penelitian biobaterai dengan pemanfaatan limbah kulit nenas dengan menambahkan *Kalium Klorida* (KCl). Hasil tegangan tertinggi yang diperoleh yaitu 3.9 V dan arus tertinggi yaitu 0,8 mA dengan menambahkan KCl sebanyak 1.5 g dan lama lampu menyala yaitu selama 16 jam yang diaplikasikan pada lampu *Light Emitting Diode* (LED) (Fitrya et al., 2023). Pada penelitian tamba telah melakukan penelitian tentang biobaterai dengan menambahkan gliserol. Hasil tegangan tertinggi yang didapat dengan menambahkan 3 gram gliserol yaitu 1,74 V dan nilai arus maksimal 3,55 mA dan daya yang dihasilkan yaitu 6,117 mW (Tamba et al., 2021). Penelitian lain juga telah dilakukan oleh sitanggang yang menganalisis sifat kelistrikan dari kulit nenas (Sitanggang et al., 2021). Umumnya penelitian sebelumnya masih menganalisis sifat kelistrikan elektrolit cair (Putri, 2021) dan beberapa telah menganalisis sifat kelistrikan elektrolit padat yang diaplikasikan pada Lampu LED dengan klasifikasi tegangan dibawah 4 V dan arus yang dibutuhkan LED yaitu 10 mA – 20 mA (Saputro et al., 2013).

Pada penelitian ini dilakukan dengan melihat pengaruh penambahan KCl, gliserol dan air semen. Penambahan KCl pada elektrolit kulit nenas berfungsi untuk meningkatkan nilai pH pada kulit nenas sehingga mampu meningkatkan nilai tegangan listrik dan penambahan gliserol serta air semen juga berfungsi untuk meningkatkan kinerja dari elektrolit kulit nenas. Selain memvariasikan jenis campuran penelitian ini juga memvariasikan jumlah sel pada elektrolit kulit nenas yang berfungsi untuk mengetahui nilai tegangan maksimum yang mampu dihasilkan dari elektrolit kulit nenas.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan wadah tertutup, sehingga tidak memungkinkan terjadinya oksidasi dari luar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat kelistrikan yang dihasilkan dari variasi yang diukur yaitu elektrolit murni, penambahan KCl, air semen, dan gliserol serta mengetahui perbandingannya dengan variasi jumlah sel yang ditambahkan.

II. METODE

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Multimeter digital, timbangan digital, elektroda Cu, elektroda Zn, lampu DC 6 Watt, pH meter, blender, wadah tertutup, pisau, gunting, baskom, saringan, kabel penghubung. Bahan yang digunakan adalah kulit nenas, KCl 5 ml, gliserol 5 ml, air semen dan aquades.

2.2 Preparasi Sampel

Metode preparasi sampel yang dilakukan pada penelitian merujuk pada penelitian sebelumnya (Fitrya et al., 2021), campuran air yang digunakan untuk menghaluskan kulit nenas adalah aquades. Penggunaan aquades untuk memastikan bahwa dalam ampas nenas hanya terkandung kandungan nenas saja dan tidak ada mineral apapun yang berasal dari penghalusan kulit nenas. Tahapan pembuatan elektrolit kulit nenas yaitu kulit nenas dikumpulkan kemudian dipotong hingga memiliki ukuran kurang lebih 1 cm dengan menggunakan pisau dan ditambahkan aquades dengan perbandingan 3:1 (300 gram kulit nenas, 100 ml *aquades*). Kulit nenas dihaluskan menggunakan blender selama kurang lebih 5 menit kemudian diperas hingga kadar air mencapai 10-20% untuk memisahkan antara larutan dengan ampas kulit nenas. Ampas nenas ditimbang sebanyak 50 gram untuk masing-masing sel dan dimasukkan ke dalam wadah tertutup dengan variasi ampas nenas murni, ampas murni ditambahkan KCl sebanyak 5 ml, ampas murni ditambahkan ditambahkan larutan air semen sebanyak 5 ml dan ampas murni ditambahkan gliserol sebanyak 5 ml.

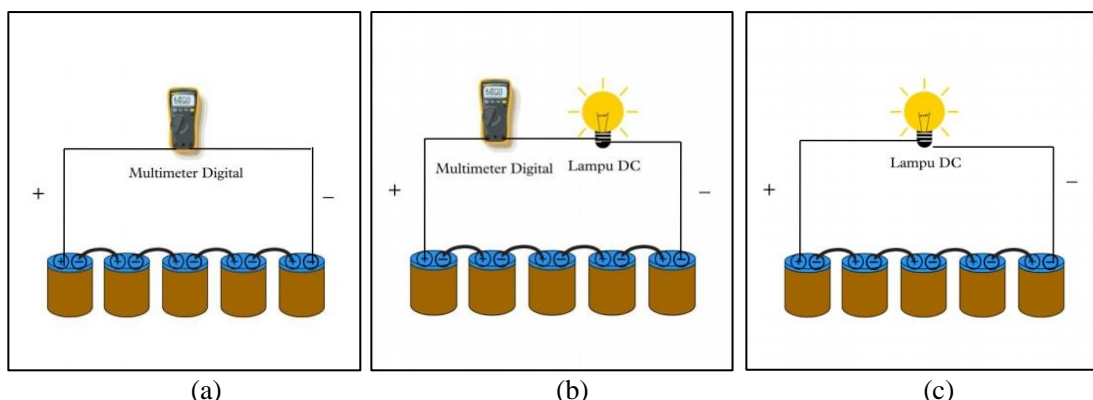
2.3 Pemasangan Sel Biobaterai

Sel biobaterai dibuat dengan menggunakan metode sel galvanik (Setiawan et al., 2023), pada sebuah wadah plastik yang berukuran diameter 4,6 cm dan tinggi 6 cm yang dindingnya telah ditempelkan elektroda Cu dan elektroda Zn yang berukuran 2 cm x 5 cm, serta telah dihubungkan dengan kabel dan penjepit buaya. Luas lempeng elektroda yang digunakan tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan yang dihasilkan (Fadli et al., 2012). Jumlah sel yang divariasikan dalam penelitian ini yaitu 3, 6, 9, 12, 16 sel dan tiap sel berisi 50 gr elektrolit kulit nenas. Tiap sel akan dirangkai secara seri untuk menghasilkan beda potensial listrik dan arus listrik pada elektrolit biobaterai (Sari et al., 2023).

2.4 Pengujian Biobaterai

Pengujian biobaterai bertujuan untuk mengetahui hubungan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan terhadap variasi jumlah sel dan penambahan jenis campuran KCl, gliserol dan air semen pada elektrolit biobaterai kulit nenas. Pengujian elektrolit biobaterai ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Terminal positif (Cu) dan negatif (Zn) dihubungkan dengan kedua kaki positif dan negatifnya multimeter digital.
2. Pembacaan nilai tegangan dan arus listrik dilakukan dengan menggunakan multimeter digital.
3. Sampel diuji berapa lama lampu menyala dengan menggunakan lampu DC 6 Watt.
4. Proses pengujian dilakukan untuk semua jenis variasi sampel yang berbeda dan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk memperoleh data yang akurat.
5. Pengukuran nilai tegangan, arus serta rangkaian keseluruhan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 (a) Pengukuran nilai tegangan, (b) Pengukuran nilai arus, (c) Desain biobaterai saat pengujian terhadap lampu

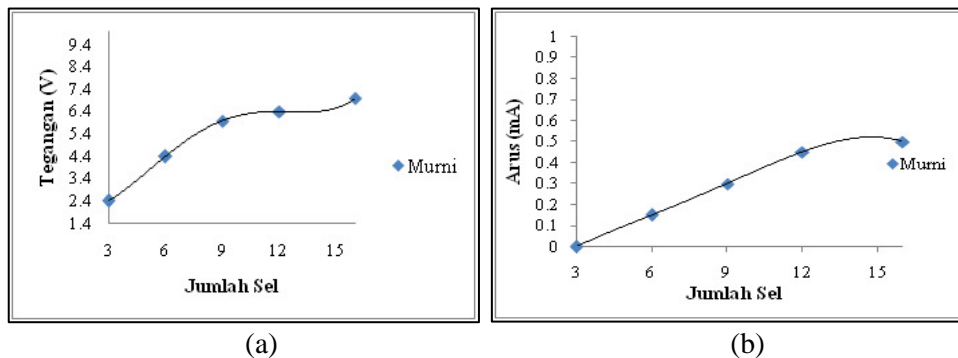
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hubungan Tegangan dan Arus Terhadap Variasi Jumlah Sel

3.1.1 Hubungan tegangan dan arus terhadap variasi jumlah sel pada elektrolit murni

Pada Gambar 2 (a) dapat dilihat pengaruh penambahan jumlah sel terhadap nilai tegangan dari elektrolit biobaterai kulit nenas murni. Tegangan minimum yang dihasilkan sebesar 2,4 V dengan jumlah sel sebanyak 3 sel dan tegangan maksimum yaitu 7 V dengan jumlah sel sebanyak 16. Grafik menunjukkan kenaikan nilai tegangan terhadap penambahan jumlah sel. Pengujian lama lampu menyala selama 480 menit dan daya yang dihasilkan sebesar 3,5 mW.

Hubungan kuat arus dengan penambahan jumlah sel pada elektrolit murni dapat dilihat pada Gambar 2 (b) hasil kuat arus maksimum 0,5 mA dan arus minimum 0,00 mA. Grafik menunjukkan kenaikan nilai arus yang signifikan dengan penambahan jumlah sel. Penambahan jumlah sel terhadap kenaikan nilai tegangan dan arus sejalan dengan penelitian (Nasution, 2021). Semakin banyak jumlah sel biobaterai maka semakin besar nilai tegangan dan arus yang dihasilkan.

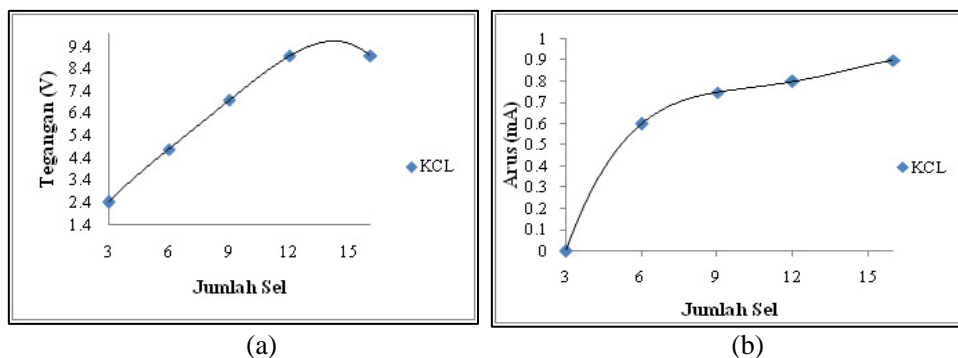


Gambar 2 (a) Grafik Hubungan Nilai Tegangan Terhadap Variasi Jumlah Sel Elektrolit Murni (b) Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Variasi Jumlah Sel Elektrolit Murni

3.1.2 Hubungan tegangan dan arus terhadap variasi jumlah sel pada elektrolit penambahan KCl

Berdasarkan Gambar 3 (a) dapat dilihat pengaruh penambahan jumlah sel terhadap nilai tegangan elektrolit biobaterai penambahan KCl. Nilai tegangan minimum dihasilkan oleh jumlah sel sebanyak 3 sebesar 2,4 V dan tegangan maksimum dihasilkan oleh jumlah sel sebanyak 16 yaitu 9 V. Grafik menunjukkan kenaikan nilai tegangan yang signifikan. Penambahan KCl mampu menaikkan kadar asam dalam biobaterai, sehingga semakin asam larutan nilai tegangan semakin tinggi (Suciyati et al., 2019; Syahputra et al., 2020). Pengujian lama lampu menyala selama 450 menit dan daya yang dihasilkan yaitu 8,1 mW.

Pada Gambar 3 (b) menunjukkan peningkatan nilai arus yang tinggi dengan menambahkan KCl dan penambahan jumlah sel. KCl merupakan jenis elektrolit asam kuat yang mampu terionisasi dengan cepat (Fitrya et al., 2023; Jumiati et al., 2023). Arus maksimum yang dihasilkan dengan menambahkan KCl sebesar 0,9 mA dan arus minimum sebesar 0,00 mA. Grafik menunjukkan peningkatan nilai arus dengan penambahan jumlah sel pada elektrolit penambahan KCl.

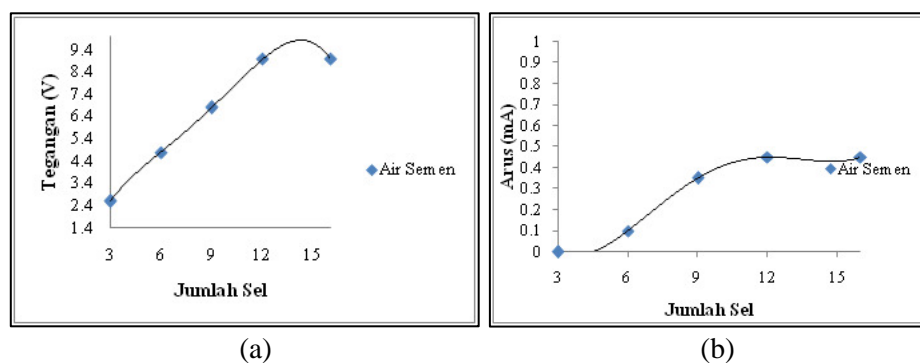


Gambar 3 (a) Grafik Hubungan Nilai Tegangan Terhadap Jumlah Sel Elektrolit Penambahan KCl (b) Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Jumlah Sel Elektrolit Penambahan KCl

3.1.3 Hubungan tegangan dan arus terhadap variasi jumlah sel pada elektrolit penambahan air semen

Gambar 4 (a) menunjukkan peningkatan nilai tegangan terhadap penambahan jumlah sel. Hal ini dikarenakan nilai tegangan berbanding lurus dengan penambahan jumlah sel. Pada penambahan air semen elektrolit mampu menghasilkan nilai tegangan maksimum yaitu 9 V dan tegangan minimumnya 2,6 V. Daya yang dihasilkan 4,05 mW dan lama lampu menyala selama 360 menit. Air semen termasuk elektrolit basa lemah yang sulit untuk terionisasi dalam larutan, sehingga semakin sulit terionisasi semakin sedikit ion yang dapat menghantarkan listrik (Siregar, 2017).

Arus yang dihasilkan untuk setiap penambahan jumlah sel pada elektrolit penambahan air semen dapat dilihat pada Gambar 4 (b). Penambahan air semen kedalam biobaterai tidak berpengaruh terhadap nilai arus, hal ini dikarenakan air semen adalah elektrolit lemah yang molekulnya terionisasi sebagian sehingga hanya sedikit ion-ion yang dapat menghantarkan arus listrik (Pandia et al., 2021).. Arus maksimum yang dihasilkan dengan penambahan air semen sebesar 0,45 mA dan arus minimumnya 0,00 mA. Semakin sedikit ion dalam elektrolit maka semakin sulit elektrolit menghantarkan listrik sehingga semakin sedikit arus yang dihasilkan.

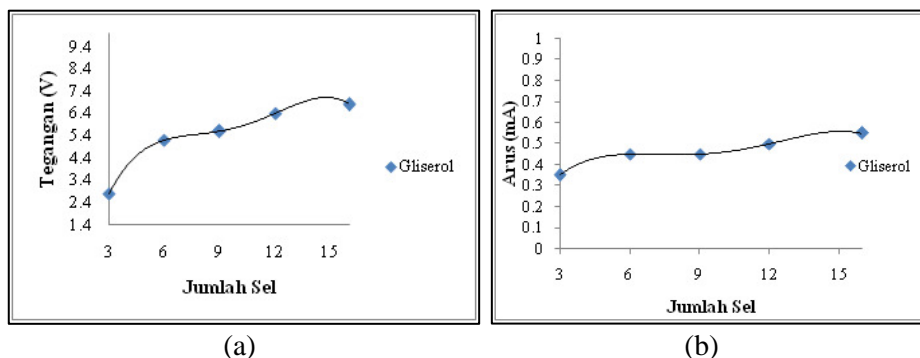


Gambar 4 (a) Grafik Hubungan Nilai Tegangan Terhadap Jumlah Sel Elektrolit Penambahan Air semen
(b) Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Jumlah Sel Elektrolit Penambahan Air semen

3.1.4 Hubungan tegangan dan arus terhadap variasi jumlah sel pada elektrolit penambahan gliserol

Nilai tegangan dari hasil pengujian elektrolit biobaterai dengan penambahan gliserol dengan variasi penambahan jumlah sel dapat dilihat pada Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi pada penambahan jumlah sel sebanyak 16 sebesar 6,8 V dan tegangan minimum yaitu 2,8 V dengan daya yang dihasilkan sebesar 3,74 mW dan lama lampu menyala selama 555 menit. Penambahan gliserol pada elektrolit berpotensi untuk dijadikan pasta (Ramadhan et al., 2022).

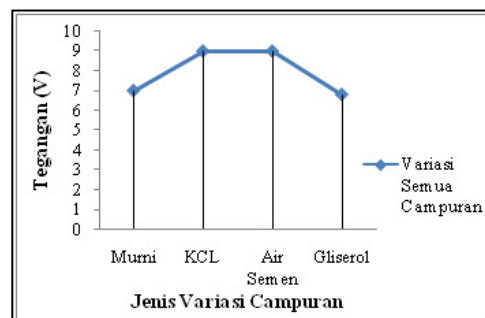
Gambar 5 (b) menunjukkan kenaikan nilai arus dengan penambahan jumlah sel. Arus maksimum yang dihasilkan dengan penambahan gliserol dengan variasi jumlah sel sebesar 0,55 mA dan arus minimum yang dihasilkan sebesar 0,35 mA. Penambahan gliserol pada biobaterai berfungsi untuk mencegah kristalisasi, hal ini dikarenakan gliserol mampu menurunkan konsentrasi intraseluler dan memodifisir kristal yang terbentuk (Tamba et al., 2022). Penambahan gliserol dalam elektrolit dapat meningkatkan konduktivitas ionik. Semakin banyak massa gliserol yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai arus yang dihasilkan (Siburian et al., 2023).



Gambar 5 (a) Grafik Hubungan Nilai Tegangan Terhadap Jumlah Sel Elektrolit Penambahan Gliserol
(b) Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Jumlah Sel Elektrolit Penambahan Gliserol

3.2 Hubungan Tegangan Terhadap Jenis Variasi Sampel

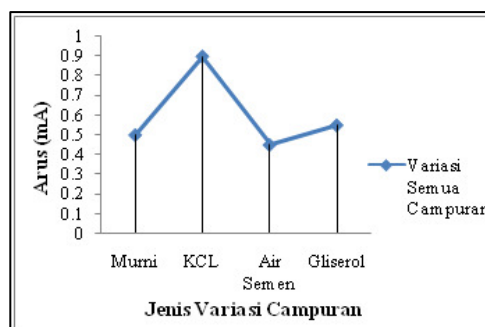
Hasil pengukuran nilai tegangan terhadap semua jenis variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 6 dengan elektrolit murni sebagai kontrol. Penambahan variasi campuran KCl mampu meningkatkan nilai tegangan dengan baik. KCl merupakan jenis garam yang mengandung ion yang berasal dari sifat asam dimana semakin banyak ion dalam larutan maka semakin besar potensinya dalam menghasilkan tegangan listrik (Maulida et al., 2022; Syahputra et al., 2020). Penambahan gliserol pada elektrolit kulit nenas kurang optimal dalam meningkatkan nilai tegangan dikarenakan gliserol dimanfaatkan untuk mencegah terjadinya kristalisasi pada biobaterai. Penambahan gliserol bisa digunakan untuk elektrolit jenis polimer (Tamba et al., 2021). Tegangan maksimum dengan memvariasikan campuran dihasilkan oleh variasi penambahan KCL yaitu sebesar 9 V dengan daya yang dihasilkan yaitu 8,1 mW dan lampu mampu menyala selama 450 menit. Penambahan gliserol bisa digunakan untuk elektrolit jenis polimer untuk mencegah terjadinya kristalisasi pada biobaterai (Tamba et al., 2022).



Gambar 6 Grafik Hubungan Nilai Tegangan Terhadap Semua Jenis Campuran

3.3 Hubungan Arus Terhadap Jenis Variasi Sampel

Hasil pengukuran nilai arus pada semua jenis variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai arus maksimum diperoleh dengan menambahkan variasi campuran KCl kedalam elektrolit ampas kulit nenas dengan nilai arus yang diperoleh sebesar 0,9 mA. Penambahan KCl bagus untuk meningkatkan nilai tegangan dan arus listrik (Fitrya et al., 2023; Syahputra et al., 2020). Pada penambahan air semen nilai arus sangat jauh turun karena sifatnya yang basa sehingga hanya sebagian ion yang dapat menghantarkan arus listrik (Siregar, 2017). Pada penambahan gliserol nilai arus yang dihasilkan cukup stabil dengan nilai tegangan yang dihasilkan. Dalam menghidupkan lampu penambahan campuran gliserol dalam elektroit kulit nenas mampu bertahan lebih lama jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya (Tamba et al., 2021).



Gambar 7 Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Semua Jenis Campuran

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh penambahan gliserol malah menurunkan nilai tegangan, dan penambahan air semen menurunkan nilai arus, jika dibandingkan dengan elektrolit kulit nenas murni. Sedangkan penambahan KCl mampu meningkatkan nilai tegangan dan arus dari elektrolit kulit nenas. Hasil terbaik diperoleh dengan menambahkan 5 ml KCl ke dalam biobaterai kulit nenas dengan jumlah sel sebanyak 16 sebesar 9 V dan arus maksimum sebesar 0,9 mA dengan daya yang dihasilkan sebesar 8,1 mW serta lama lampu menyala selama 480 menit. Hal ini membuktikan bahwa penambahan KCl

pada elektrolit kulit nenas sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai biobaterai serta penambahan jumlah sel mampu meningkatkan karakteristik elektrik yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan yang telah mendukung dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa-Penerapan IPTEK (PKM-PI) Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Djamalu, A. F., Nur, A. I. N., Sultan, J., Rasyid, R. A. I., Nasir, S., Musarrafa, & Irsyad, A. (2019). Analisis Sifat Kelistrikan Kulit Nanas (*Ananas Comosus* L . Merr) Dengan Variasi Waktu Fermentasi Sebagai Larutan Elektrolit Sel Akumulator (Energi Terbarukan). *Jurnal Ilmu Fisika:Teori Dan Aplikasinya*, 1(2), 14–24.
- Fadli, U. M., Legowo, B., & Purnama, B. (2012). Demonstrasi Sel Volta Buah Nenas (*Ananas Comosus* L. Merr). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 2(2), 176–183.
- Fitrya, N., Halwani, P., & Wirman, S. P. (2023). Uji Karakteristik Elektrolit Ampas Kulit Nenas dengan Penambahan MgCl₂, NaCl, dan KCL. *Photon Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 13(2), 35–40.
- Fitrya, N., Wirman, S. P., & Rahayu, R. D. (2021). Environmentally Friendly Emergency Lighting System Using Bio Batteries from Pineapple Skin Waste as Energy Source. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 13(2), 118–125. <https://doi.org/10.25077/jif.13.2.118-125.2021>
- Gestaparwati, D. A., & Nugraheni, W. (2021). Angka Tetap Hortikultura Tahun 2021. In *Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian*.
- 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>
- Khairiah, & Destini, R. (2017). Analisis Kelistrikan Pasta Elektrolit Limbah Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Sebagai Bio Baterai. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1, 41–44.
- Masthura, & Jumiati, E. (2021). Pengaruh Variasi Volume Larutan Kulit Nenas Terhadap Sifat Kelistrikan Bio-Baterai. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*, 7(3), 1–6.
- Masthura, Putri, N., & Daulay, A. H. (2021). Analisis Pengaruh Penambahan Volume dan Lama Fermentasi Terhadap Sifat Kelistrikan Biobaterai Sari Buah Nenas (*Ananas Comosus*). *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 8(2), 25–31. <https://doi.org/10.24252/jft.v8i2.22164>
- Maulida, R., Daffa, M. N., Nadhira, S. F., Hotimah, A. P., Anggraeni, S., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). Teaching concept of bio-battery material: Use of Sweet Potato Peels and Lime Juice Solution. *ASEAN Journal for Science and Engineering in Materials*, 1(2), 55–58.
- Murni, R., Suparjo, Akmal, & Ginting, B. (2008). Potensi dan Faktor Pembatas Pemanfaatan Limbah Ssebagai Pakan Ternak.
- Murtini, E. S., Yuwono, S. S., Putri, W. D. R., Nisa, F. C., Mubarak, A. Z., Ali, D. Y., & Fathuroya, V. (2022). *Teknologi Pengolahan Buah Tropis Indonesia*. Universitas Brawijaya Press.
- Nasution, M. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(1), 35–40.
- Oktaviani, W. A., & Gaol, A. L. (2022). Design and Build of 1000 V Joule Thief Inverter by Utilizing Pineapple as an Energy Source. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(1), 55–61. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i1.10198>
- Pandia, A. B., Sumarni, W., & Izzania, R. A. (2021). Pengembangan Alat Peraga Uji Daya Hantar Listrik Berbasis STEM dan Pengaruhnya Terhadap Literasi Kimia Peserta Didik. *Journal of Chemistry In Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012016>
- Putri, N. (2021). Analisis Kelistrikan Sari Buah Nenas (*Ananas comosus*) Sebagai Energi Alternatif Biobaterai.
- Ramadhan, A. Z., Ayuni, M. S., Hendrawan, E. F. R., & Masythah, Z. (2022). BIPPLE - Biobattery Pineapple: Utilization of Pineapple Peel Waste as a Renewable Energy in Achieve SDGS 2030. *International Journal of Advanced Energy, Life Science and Environment Sustainability*, 2(2).

- Saputro, J. H., Sukmadi, T., & Karnoto. (2013). Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah. *TRANSMISI*, 15(1), 1–9.
- Sari, N., Widiyani, A., Nurhamida, & Sairi, A. P. (2023). Perbandingan Tegangan dan Kuat Arus Listrik pada Sifat Asam Buah Nanas dan Jeruk. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 121–127.
- Setiawan, R., Eddy, S., & Setiawan, A. A. (2023). Pemanfaatan Logam Tembaga dan Seng Sebagai Sel Volta dalam Media Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (Jupiter)*, 5(1), 1–9.
- Siburian, D. H., Rossi, M., & Abrar. (2023). Pengaruh Variasi Massa Gliserol Pada Gel Elektrolit Untuk Aplikasi Supercapacitor. *E-Proceeding of Engineering*, 10(1), 106–113.
- Siregar, shinta M. (2017). Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi) sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA*, 2(1), 166–173.
- Sitanggang, J. E., Latifah, N. Z., Sopian, O., Saputra, Z., Nandiyanto, A. B. D., Anggraeni, S., & Rahmat, A. (2021). Analysis of Cassava Peel and Pineapple Peel as Electrolytes in Bio Battery. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, 1(1), 59–62.
- 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., Sotorus, Y. A., & Barutu, Z. A. (2020). Battery Construction From Lime Orange. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 3(1), 28–30.
- Tamba, J. F., Daulay, F. K., Purba, R. S. br, & Taslim, T. (2022). Biobattery Production Based on Solid Polymer Electrolyte from Durian Skin-PVA with The Addition of Glycerol. *International Journal of Advanced Basic and Applied Science*, 3(3).
- Tamba, J. F., R, A. Z., Manurung, daniel R., Daulay, F. K., Manurung, J. F., & Derriansyah, M. R. (2021). Biobattery from Polymer Electrolyte Orange Peel- PVA with Addition of Glycerol. *Tokyo Tech Indonesian Commitment Award (TICA)*, 2(1), 9–13.
- Whydiantoro, Susandi, D., Kusumadewi, I., & Sidik, A. M. (2019). Pengolahan Limbah Kulit Durian Menjadi Bio-Baterai Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal J-Ensitem*, 05(02), 230–236.