Teknika 20 (1): 197-205

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage: http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Analisis Karakteristik Pasta Bio-Baterai Berbahan Baku *Musa Paradisiaca* dan *Citrus Sinensis*

Nur faizin[*1], M. Farhan Arif[2], Bayu Rudiyanto[3], Qanitah[4]

[*1,2,3,4]Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negri Jember, Jember, Indonesia
*Email Penulis Korespondensi: nur.faizin@polije.ac.id

Abstrak

Limbah kulit pisang dan jeruk mengandung bahan organik seperti kalium, magnesium, dan asam sitrat, yang dapat berfungsi sebagai sumber bio-baterai ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana perbedaan dalam komposisi kulit pisang tanduk (Musa paradisiaca) dan kulit jeruk peras (Citrus sinensis) memengaruhi karakteristik listrik bio-baterai seperti tegangan, arus, dan daya tahan. Sebanyak 11 sampel dengan komposisi berbeda (0–100%) dibuat dalam bentuk pasta, diisi ke wadah baterai bekas AA, lalu diuji menggunakan multimeter dan pH meter selama 6 jam. Hasil menunjukkan bahwa kulit pisang kaya kalium (77,33%) dan magnesium (7,59%), sedangkan kulit jeruk mengandung kalsium (39,22%) dan magnesium (19,8%). pH cenderung lebih asam seiring meningkatnya proporsi kulit jeruk. Sampel B1 yang mengandung kadar jeruk tinggi menghasilkan tegangan dan arus awal tertinggi, namun cepat menurun, sedangkan sampel dengan kandungan pisang tinggi (B11) memiliki daya tahan lebih lama (hingga 18 jam 2 menit). Bio-baterai mencapai hingga 53,65% tegangan dan 44,40% arus baterai AA konvensional. Kesimpulannya, campuran kulit jeruk meningkatkan daya listrik sementara kulit pisang memperpanjang durasi kerja. Bio-baterai ini menunjukkan potensi sebagai solusi energi alternatif berbasis limbah organik meskipun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut.

Kata kunci— *Bio-Baterai, Energi Terbarukan, Karakteristik Listrik, Kulit Pisang, Kulit jeruk.*

Abstract

Banana and orange peel waste contains organic compounds such as potassium, magnesium, and citric acid, which have potential as raw materials for eco-friendly bio-batteries. This study aims to evaluate the effect of varying compositions of plantain banana peels (Musa paradisiaca) and sweet orange peels (Citrus sinensis) on the electrical characteristics of bio-batteries, including voltage, current, and durability. Eleven samples with different peel ratios (0–100%) were processed into a paste, inserted into used AA battery casings, and tested using a multimeter and pH meter over a six-hour period. Results showed that banana peels are rich in potassium (77.33%) and magnesium (7.59%), while orange peels contain high levels of calcium (39.22%) and magnesium (19.8%). The pH decreased as the proportion of orange peel increased. Samples with high orange content (B1) produced the highest initial voltage and current but declined rapidly, whereas high banana content samples (B11) exhibited longer durability (up to

Received: September 13, 2025; Online Available: December 9, 2025

18 hours and 2 minutes). The bio-battery achieved up to 53.65% of the voltage and 44.40% of the current of a conventional AA battery. In conclusion, orange peels enhance electrical output, while banana peels extend battery life. Although not yet as efficient as conventional batteries, this bio-battery presents a promising, environmentally friendly solution for organic waste utilization and warrants further development.

Keywords— *Bio-Battery, Renewable Energy, Electrical Characteristics, Banana Peel, Orange Peel.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dan menghasilkan banyak buah, terutama pisang dan jeruk. Produksi pisang 9,24 juta ton per tahun dan jeruk 2,68 juta ton per tahun diperkirakan pada tahun 2022 oleh Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Produksi yang tinggi menghasilkan limbah organik, terutama kulit buah, yang sering dibuang tanpa dimanfaatkan dengan baik. Selain mengandung senyawa organik seperti selulosa, pektin, flavonoid, dan asam sitrat, limbah ini dapat mencemari tanah dan air jika dibiarkan [1].

Isu limbah kulit buah juga berkaitan dengan permasalahan lingkungan nasional, termasuk pencemaran dan perubahan iklim [2]. Kulit pisang pada umumnya mengandung 50,6% karbon per 100 gram beratnya menunjukkan potensi besar limbah ini untuk berkontribusi pada pencemaran udara jika tidak dikelola dengan baik [3].

Pemanfaatannya sebagai bahan baku bio-baterai menjadi solusi potensial. Bio-baterai merupakan inovasi yang menawarkan solusi ramah lingkungan. Teknologi yang dikenal sebagai bio-baterai menggunakan bahan organik untuk menghasilkan energi listrik melalui reaksi kimia [4], [5]. Asam sitrat dan kalium merupakan elektrolit alami yang terkandung di dalam limbah buah, kedua elektrolit tersebut sangat berperan dalam reaksi elektrokimia [6]. Selain itu, kandungan selulosa pada kulit buah juga berpotensi menjadi bahan elektroda atau membran [7]. Potensi penggunaan limbah organik merupakan peluang besar sebagai pengganti pasta elektrolit dalam bio-baterai [8].

Biobaterai beroperasi melalui perpindahan elektron antara dua elektroda yang terpisah oleh medium elektrolit. Proses tersebut menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) yang menghasilkan beda potensial. Akibatnya, arus listrik ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan [9]. Keunggulan utama dari biobaterai berbasis reaksi redoks adalah kemampuan untuk memanfaatkan reaksi redoks spontan, yang dapat meningkatkan efisiensi penyimpanan energi dengan memanfaatkan potensi listrik dari biomolekul kondensat [10].

Penelitian terkait kulit pisang yang dilakukan pada tahun 2015 menunjukkan bahwa kulit pisang raja bulu dapat menghasilkan tegangan 1,4 volt [11]. Selain itu, penelitian pada tahun 2020 menunjukkan bahwa ekstrak kulit jeruk dapat menjadi elektrolit baterai sederhana dengan elektroda seng dan karbon [12], sedangkan Kulit pisang mengandung banyak kalium (K^+) dan magnesium (Mg) menunjukkan efisiensi cukup baik sebagai bahan elektrolit [11]. Limbah kulit pisang memiliki kandungan elektrolit yang tinggi [13]. Kulit pisang memiliki potensi yang sangat besar sekitar 93,75% digunakan sebagai bio-baterai [14]. Hal ini membuka peluang pengembangan biobaterai berbahan limbah kulit buah yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan.

Penelitian ini berfokus pada pengujian campuran kulit pisang dan kulit jeruk untuk mengoptimalkan kinerja bio-baterai, serta membandingkan karakteristik listriknya dengan baterai konvensional. Diharapkan hasilnya dapat mengurangi dampak lingkungan, menambah nilai ekonomi limbah, dan memperluas penerapan teknologi energi terbarukan.

2. METODE PENELITIAN

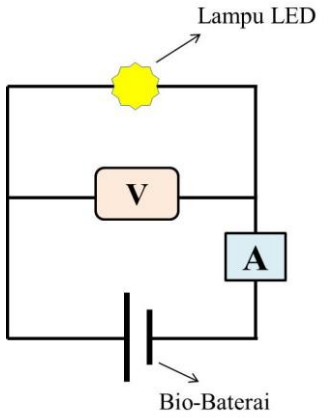
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium *Workshop* dan Mekanik Politeknik Negeri Jember. Data yang diambil pada penelitian ini diperoleh dari hasil eksperimen dengan fokus pada

pasta biobaterai dari limbah kulit pisang tanduk dan kulit jeruk peras. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: multimeter, pH meter, blender, neraca digital, wadah ukur. Bahan yang digunakan terdiri dari kulit pisang tanduk, kulit jeruk peras, garam, dan baterai kering 1,5 volt tipe AA. Sampel pengujian biobaterai menggunakan komposisi bahan baku kulit pisang dan kulit jeruk dengan perbandingan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi Komposisi Biobaterai

No.	Sampel	Kulit Pisang (%)	Kulit Jeruk (%)
1	A1	0	100
2	A2	10	90
3	A3	20	80
4	A4	30	70
5	A5	40	60
6	A6	50	50
7	A7	60	40
8	A8	70	30
9	A9	80	20
10	A10	90	10
11	A11	100	0

Uji kandungan mineral pasta bio-baterai dilakukan dengan menggunakan XRF. Pasta yang telah dibuat selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah baterai dan ditutup rapat. Pengujian ketahanan daya bio-baterai dilakukan dengan menggunakan beban berupa lampu LED 3 mm. data yang diambil pada pengujian ketahanan bio-baterai yakni tegangan dan arus. Pengambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali hingga 6 jam. Nilai tegangan dan arus dari biobaterai dibandingkan dengan baterai konvensional. Skema pengujian ketahanan biobaterai seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Pengujian Bio-Baterai

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kandungan Sampel Pasta Biobaterai

3.1.1 Kandungan Kimia Pasta Biobaterai

Kulit pisang kaya akan mineral yang berfungsi sebagai elektrolit, seperti kalium (K^+). selain itu, juga mengandung berbagai mineral lainnya antara lain magnesium, natrium dengan ion klorida (Cl^-), fosfor, kalsium, dan besi. Kalium dan magnesium adalah unsur logam utama yang berfungsi dalam menghantarkan arus listrik, dan kedua logam ini akan bereaksi dengan natrium klorida untuk membentuk ion-ion yang berfungsi untuk menghantarkan listrik [15]. Hasil pengujian XRF menunjukkan bahwa Dalam kulit jeruk terdapat 31,42% unsur K dan 19,8% unsur Mg, sedangkan dalam kulit pisang terdapat 77,33% unsur K dan 6,47% unsur Mg.

Meskipun unsur-unsur logam pada kulit pisang dan kulit jeruk tidak memberikan dampak signifikan secara langsung terhadap karakteristik listrik bio-baterai, hasil uji XRF menunjukkan keduanya mengandung K, Mg, Ca, Cl, Al, Fe, S, Mn, Ti, dan Zn yang berperan dalam meningkatkan konduktivitas larutan. Selama proses *discharge*, terjadi reaksi elektrokimia antara senyawa dalam pasta alami dan elektroda Zn–C [16].

Penambahan NaCl dapat meningkatkan konduktivitas listrik bahan. Ion yang sangat berperan dalam proses ini adalah ion Na^+ dan Cl^-. Konduktivitas listrik meningkat dikarenakan reaksi redoks yang dipercepat oleh kedua ion tersebut. Reaksi utama pada anoda adalah oksidasi seng disajikan pada Rumus (1).

$$Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-. \quad (1)$$

Elektron yang lepas dari Zn, mengalir menuju katoda karbon. Saat keadaan asam, ion H^+ menerima elektron dan membentuk gas hidrogen, disajikan pada Rumus (2).

$$2H^+\ (aq) + 2e^- \rightarrow H_2\ (g). \quad (2)$$

Selain itu, ion logam seperti Mn^{4+} dan Fe^{3+} dapat mengalami reduksi menjadi Mn^{2+} dan Fe^{2+}, sedangkan ion K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, dan Na^+ berperan sebagai katalis pada proses peningkatan konduktivitas listrik [17]. Ion Cl^- yang bereaksi dengan Zn^{2+} atau Fe^{2+} membantu terbentuknya senyawa kompleks yang berfungsi sebagai ligan, hal ini dapat menimbulkan proses percepatan pelepasan ion dari elektroda [18].

Dengan demikian, bio-baterai bekerja melalui oksidasi Zn di anoda dan reduksi H^+ di katoda sebagai reaksi utama. Pada bio-baterai, ion logam dan senyawa organik berperan sebagai *buffer* dan menghasilkan reaksi redoks sekunder yang berguna untuk meningkatkan daya tahan bio-baterai [19]. Hasil pengujian sampel kulit pisang dan kulit jeruk seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji XRF

No	Unsur	Kadar (%)	
		Kulit Pisang	Kuit Jeruk
1	Titanium (Ti)	0,11	0,21
2	Besi (Fe)	0,86	2,04
3	Kalsium (Ca)	6,47	39,22
4	Magnesium (Mg)	7,59	19,8
5	Klorin (Cl)	4,27	0,88
6			
7	Mangan (Mn)	0,36	0,26
8	Kalium (K)	77,33	31,42
9	Seng (Zn)	0,13	0,16
10	Sulfur (S)	0,59	2,01
11	Alumunium (Al)	1,05	0,78

3.1.2 Pengujian Keasaman Pasta Bio-Baterai

Menurut hasil pengujian pH, pasta dengan kulit jeruk memiliki pH yang lebih rendah daripada kulit pisang. Hal ini dikarenakan kulit jeruk memiliki kandungan asam alami yang berbentuk asam sitrat lebih tinggi daripada kulit pisang. Hasil pengujian tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai pH Sampel

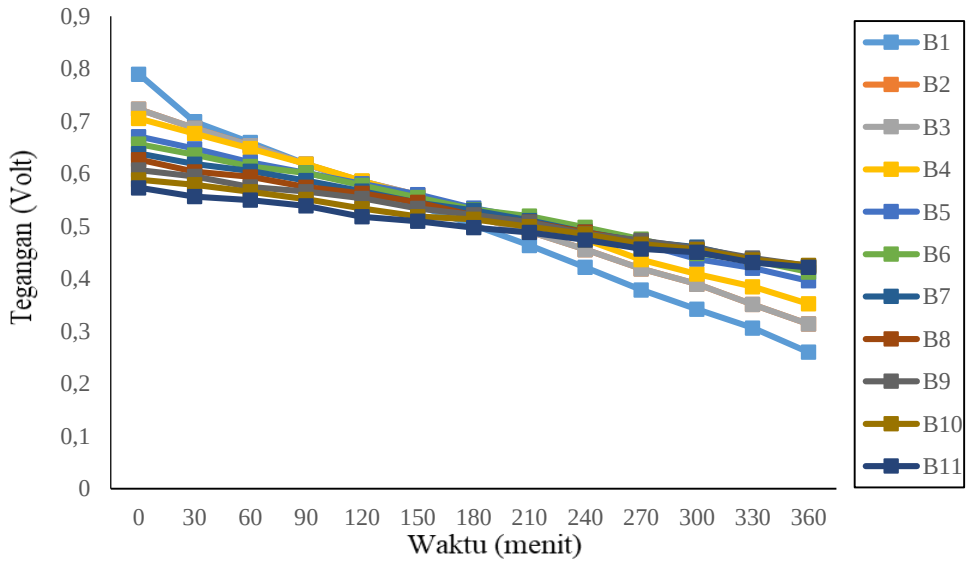
No	**Sampel**	**Nilai pH**
1	A1	3,26
2	A2	3,42
3	A3	3,63

4	A4	3,96
5	A5	4,21
6	A6	4,43
7	A7	4,51
8	A8	4,53
9	A9	4,91
10	A10	5,01
11	A11	5,72

3.2 Uji Kinerja Baterai

3.2.1 Karakteristik Tegangan Bio-Baterai

Hasil penelitian menunjukkan, keluaran tegangan dari menit 0 berturut-turut dari tertinggi hingga terendah adalah A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, dan A11. Namun, pada akhir waktu pengukuran, urutan ini hampir terbalik: A10, A9, A7, A8, A11, A6, A5, A4, A3, A2, dan A1. Sampel A1 memiliki data nilai tegangan paling besar dibandingkan sampel lainnya pada menit ke-0, tetapi tegangan mereka turun dengan cepat hingga menjadi sampel terendah pada menit 360. Sampel A10 dan A11 memiliki keluaran tegangan yang dianggap rendah, tetapi grafik menunjukkan penurunan yang cukup lambat hingga pengujian selesai. Performa dari masing-masing baterai seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

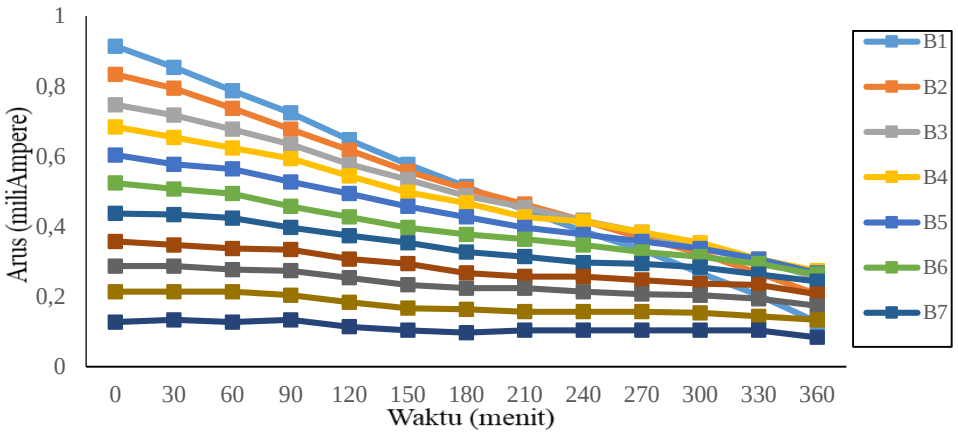


Gambar 2 Grafik Tegangan Biobaterai

Karakteristik tegangan dari masing-masing sampel pengujian mengalami penurunan. Berdasarkan Gambar 2, penurunan tertinggi terjadi pada sampel B1 dengan nilai 0,0441 per satuan waktu, sedangkan penurunan terendah terdapat pada sampel B11 dengan nilai 0,0126 per satuan waktu, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan kulit jeruk dalam pasta bio-baterai, semakin tinggi pula tegangan awal yang dihasilkan, namun diikuti dengan laju penurunan tegangan yang lebih cepat.

3.2.2 Karakteristik Arus Biobaterai

Tingkat arus yang turun untuk setiap sampel dalam pengujian biobaterai Peneliti menemukan bahwa keluaran arus berturut-turut dari tinggi ke rendah pada menit 0 adalah A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, dan A11, yang berbanding lurus dengan urutan data pengukuran tegangan sebelumnya. Di sisi lain, urutan keluaran arus pada akhir waktu pengukuran adalah A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A1, dan A11. Sampel A1 menunjukkan nilai tertinggi jika dibandingkan dengan sampel lainnya.



Gambar 3 Grafik Karakteristik Arus Bio-Baterai

Sampel A1, di sisi lain, mengalami penurunan yang signifikan hingga akhir pengujian. Ini berbeda dengan sampel A11, di mana data keluaran arus berada di urutan terakhir, di mana penurunan arus yang sangat kecil dan terkadang naik turun selama pengujian. Karakteristik arus sampel biobaterai ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sampel A1 mengalami penurunan arus tertinggi, dengan penurunan 0,0656 per menit, sedangkan sampel A11 mengalami penurunan arus terkecil, dengan penurunan 0,0036 per menit. Hasil menunjukkan bahwa kadar kandungan kulit jeruk tidak hanya berkorelasi dengan sifat arus biobaterai, tetapi juga berkorelasi dengan tingkat penurunan arus biobaterai.

3.3 Prediksi Ketahanan Bio-baterai

Data daya tahan bio-baterai dianalisis menggunakan persamaan garis yang menghubungkan dua titik: titik awal dan titik akhir dari data arus. Meskipun bio-baterai yang habis masih menyimpan sisa tegangan, arus yang dihasilkan menjadi sangat kecil atau nol akibat peningkatan resistansi internal [20]. Persamaan ini digunakan untuk memprediksi durasi akhir (x) saat arus (y) mencapai 0. Hasil analisis prediksi disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Gambaran Fungsi Daya Tahan Biobaterai

No	Sampel	Persamaan	Daya Tahan (Jam)
1	A1	y = -1/10 (0,656x +9,789)	7,45 jam
2	A2	y = -1/10 (0,522x - 8,856)	8,47 jam
3	A3	y = -1/10 (0,411x + 7,878)	9,57 jam
4	A4	y = -1/10 (0,342x +7,175)	10,5 jam
5	A5	y = -1/10 (0,281x+6,314)	11,25 jam
6	A6	y = -1/10 (0,217x+5,450)	12,57 jam
7	A7	y = -1/10 (0,161x+4,528)	14, 05 jam
8	A8	y = -1/10 (0,125x+3,692)	14,77 jam
9	A9	y = -1/10 (0,094x +2,961)	15,67 jam
10	A10	y = -1/10 (0,067x+2,20)	16,5 jam
11	A11	y = -1/10 (0,036x +1,303)	18,03 jam

Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel A1 memiliki daya tahan tersingkat, dan sampel A11 memiliki daya tahan terpanjang. Peneliti membuat kesimpulan berdasarkan karakteristik arus dari analisis sebelumnya bahwa penurunan arus sebanding dengan daya tahan bio-baterai: semakin cepat penurunan arus, semakin singkat daya tahan biobaterai [21]. Hal ini berbanding lurus dengan kadar kandungan kulit pisang dalam pasta biobaterai

3.4 Perbandingan Bio-Baterai dengan Baterai Konvensional

Peneliti menemukan bahwa hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah kandungan kulit jeruk dalam pasta biobaterai sebanding dengan karakteristik listriknya. Ini karena kulit jeruk mengandung banyak asam sitrat, yang merupakan sumber utama ion H^+ dalam reaksi redoks biobaterai, bersama dengan molekul H_2O [22]. Hasil pengukuran pH menunjukkan nilai yang cukup rendah, yaitu 3,26. Ion H^+ meningkatkan kecepatan reaksi redoks, yang dapat meningkatkan karakteristik tegangan dan arus secara signifikan. Namun, juga berdampak pada turunnya arus dan tegangan dengan kecepatan yang lebih cepat [23].

Reaksi yang cepat antara ion H^+ pada pasta dan ion Zn pada anoda mengurangi ketersediaan ion H^+ [24]. Dengan demikian, kapasitas perpindahan energi yang tersedia semakin berkurang, yang mengakibatkan penurunan tegangan dan arus listrik yang lebih cepat. Akibatnya, reaksi yang lebih cepat menyebabkan daya tahan biobaterai berkurang.

Namun, pasta dengan bahan utama kulit pisang, yang memiliki pH lebih tinggi, menunjukkan penurunan karakterisitik listrik yang lebih lambat. Ini karena jumlah ion H^+ yang lebih rendah di kulit pisang, yang tidak mengandung asam alami apapun [25]. Meskipun kurangnya ion H^+ membantu dengan mengurangi daya tahan biobaterai dan memperpanjangnya, ini juga menyebabkan karakteristik listrik yang dihasilkan lebih rendah daripada pasta dengan bahan kulit jeruk dominan.

Tabel 5 Perbandingan Karakteristik Biobaterai dengan Baterai Konvensional

Parameter	**Biobaterai**	**Baterai Konvensional**	**Perbandingan**
Tegangan inisial (V_0)	0,79 V	1,47 V	53,65 %
Tegangan Akhir (V_t)	0,26 V	1,47 V	17,71 %
Arus Awal (I_0)	0,91 mA	2,06 mA	44,40 %
Arus Akhir (I_t)	0,13 mA	2,02 mA	6,28 %
Ketahanan (T_B)	18,03 Jam	309 Jam	5,83 %

Mengacu pada Tabel 5, Pengujian arus awal menit 0 menunjukkan bahwa biobaterai menghasilkan 44,40% dari nilai arus awal baterai konvensional, hampir setengah dari nilai baterai konvensional. Pengujian arus pada menit ke 360 menunjukkan bahwa nilai arus biobaterai turun menjadi 6,28% dari nilai baterai konvensional. Hal ini, menunjukkan bahwa nilai arus baterai konvensional hampir dua puluh kali lebih besar daripada nilai arus biobaterai yang dibuat pada akhir pengujian. Penurunan arus biobaterai sebesar delapan belas kali lebih cepat daripada baterai konvensional selama 6 jam pengujian arus yang diuji. Biobaterai memiliki ketahanan 1/20 dari baterai konvensional. Ketahanan biobaterai mencapai 18,03 jam atau sekitar 5,83% dari baterai konvensional.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel dengan komposisi seimbang antara kulit pisang dan jeruk menghasilkan karakteristik optimal, menggabungkan daya tahan dari kulit pisang serta tegangan dan arus yang lebih tinggi dari kulit jeruk. Karakteristik listrik bio-baterai juga dipengaruhi oleh tingkat pH, di mana semakin asam pasta elektrolit, tegangan dan arus yang dihasilkan cenderung lebih tinggi, namun dengan daya tahan yang lebih rendah. Meskipun bio-baterai yang dikembangkan mampu menyalakan lampu LED 5 mW, kinerjanya masih di bawah baterai konvensional dalam hal tegangan dan arus keluaran.

5. SARAN

Saran yang dapat diberikan adalah penggunaan bahan dengan kandungan mangan (Mn) tinggi guna meningkatkan kinerja bio-baterai, mengingat peran MnO_2 dalam baterai konvensional. Variasi karakteristik dapat dieksplorasi lebih lanjut melalui modifikasi komponen, rasio bahan, penggunaan katalis alternatif, atau pengujian dengan desain wadah berbeda. Selain itu, pengembangan bio-baterai dapat mengadopsi konsep *microbial fuel cell* (MFC) dengan memanfaatkan bahan kaya glukosa untuk meningkatkan efisiensi konversi energi, selain pendekatan reaksi redoks yang telah dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jember yang telah memberikan fasilitas, sehingga peneliti dapat melaksanakan penelitian serta dapat menyusun artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] C. Clarissa *et al.*, "Ekstraksi Pektin dari Limbah Kulit Kedondong (Spondias dulcis) dan Pemanfaatannya sebagai Edible Coating pada Buah," *Indones. J. Chem. Anal.*, vol. 2, no. 01, pp. 1–10, 2019.

[2] M. N. A. A. Siddiq *et al.*, "Edukasi Limbah Makanan, Bahaya Terhadap Kesehatan dan Lingkungan Serta Potensi Pemanfaatannya untuk Mengurangi Food Waste," *J. Abdi Insa.*, vol. 11, no. 3, pp. 1257–1264, 2024.

[3] S. Hatina, A. Antoni, and I. Febriana, "Pengaruh karbon aktif kulit pisang putri pada limbah ammonia," *J. Redoks*, vol. 6, no. 1, pp. 7–16, 2021.

[4] W. Yanti and D. Y. Rahman, "Pemanfaatan Sari Buah Mengkudu dan Garam Dapur (NaCl) sebagai Sumber Ion serta Tepung Tapioka sebagai Matriks untuk Pembuatan Bio-Baterai," *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2024.

[5] D. S. Whydiantoro, D. Susandi, and A. M. Sidik, "Pengolahan Limbah Kulit Durian Menjadi Bio-Baterai Sebagai Energi Alternatif," *J. Eng. Sustain. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 230–236, 2019.

[6] W. D. Jauharah, "Analisis kelistrikan yang dihasilkan limbah buah dan sayuran sebagai energi alternatif bio-baterai," *Skripsi, Jur. Fis. Fak. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam Univ. Jember*, 2013.

[7] S. Fauzia, M. A. H. Ashiddiqi, and A. W. K. Khotimah, "Fruit and vegetables as a potential source of alternative electrical energy," in *Proceeding International Conference on Science and Engineering*, 2019, pp. 161–167.

[8] A. Salsabila, D. A. Z. Putri, and N. M. Ambomasse, "PEMANFAATAN SAMPAH KULIT DURIAN (DURIO ZIBETHINUS) MENJADI BAHAN BAKU BIO-BATERAI RAMAH LINGKUNGAN," *J. Penelit. Sains dan Teknol. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 324–331, 2024.

[9] R. W. Ningrum, R. F. Ningrum, and D. Fitasari, "Analysis of Moringa Leaves as a Material for Making Electrolytes in Bio-Batteries," in *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*,

[10] B. E. Logan *et al.*, "Andini, SJ, & Heriansyah. 2024." Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan Bio-baterai Pada Larutan Buah Mengkudu (Morinda citrifolia L.)". Dalam Laboratory Journal: Jurnal Laboratorium Sains Terapan, 1. Hal. 7–11. Anton, H., Bivens, I., & Davis, S. ," *Technology*, vol. 40, no. 17, pp. 5181–5192, 2006.

[11] S. Fadilah, R. Rahmawati, and M. Pkim, "Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (Musa Paradisiaca)," *Pros. Simp. Nas. Inov. dan Pembelajaran Sains*, vol. 4, no. 2, pp. 25–29, 2015.

[12] F. Salafa, L. Hayat, and A. Ma'ruf, "An Analysis of Orange Peel (Citrus Sinensis) as the Material for Electrolystes in Bio-Batteries," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 1–

9, 2020.
[13] W. P. Widyaningsih and T. H. Mulud, "Analisis pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai energi alternatif pada baterai," *J. Eksergi*, vol. 13, no. 2, 2017.
[14] R. Yanasari and F. Refelita, "Pemanfaatan kulit pisang (musa paradisiaca) sebagai pembuatan baterai pada praktikum elektrokimia di man 1 pekanbaru," *Konfigurasi*, vol. 1, no. 2, pp. 163–170, 2017.
[15] M. F. R. B. Nasution, S. Sulistyo, and Y. Umardani, "PRODUKSI MATERIAL MAGNESIUM OKSIDA MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN JEMBATAN GARAM VERTIKAL DAN VARIASI JUMLAH ELEKTRODA," *J. Tek. MESIN*, vol. 13, no. 1, pp. 51–56, 2025.
[16] A. N. F. Izzati, "Evaluasi Komposisi Geokimia Logam menggunakan Metode Analisis Multivariat di Air Tanah SUB DAS Winongo Kota Yogyakarta," 2023, *Universitas Islam Indonesia*.
[17] A. H. Zaki and M.-J. Lee, "Effects of K+, Mg2+, Ca2+, Zn2+, La3+, Cr3+, Ce3+, Ce4+, and Mo5+ doping on the adsorption performance and optical properties of sodium titanate nanotubes," *ACS omega*, vol. 4, no. 22, pp. 19623–19634, 2019.
[18] I. N. Amaliyah, "Uji selektivitas sensor kimia Pb2+ terhadap logam Cu2+, Fe3+, dan Zn2+ menggunakan Reagen-1-2 (pyridylazo)-2-Naphthol (PAN)," 2016, *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
[19] B. Attoriq, M. S. Fittuqo, and Y. R. Ramadhan, "BIO-KOTAK: Biobaterai Komposit Ampas Kelapa (Cocos nucifera) dan Limbah Cair Tahu sebagai Alternatif Sumber Listrik Portabel Terbarukan," *Kim. Padjadjaran*, vol. 2, no. 2, pp. 76–89, 2024.
[20] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021.
[21] S. Suresh, "Composite Electrodes with Immobilized Bacteria Bioanode and Photosynthetic Algae Biocathode for Bio-Batteries," 2014, *University of Saskatchewan*.
[22] Z. Hussain *et al.*, "Construction of rechargeable bio-battery cells from electroactive antioxidants extracted from wasted vegetables," *Clean. Eng. Technol.*, vol. 5, p. 100342, 2021.
[23] M. Nasution, "Mengaplikasikan Sel Volta Dalam Pembuatan Baterai Sebagai Penyimpa Energi," *Jet (Journal Electr. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 152–154, 2021.
[24] S. Hardiyanti, N. Fitrya, S. P. Wirman, R. F. Syahputra, and A. P. Prastiwi, "Optimalisasi Kinerja Biobaterai Limbah Kulit Nanas melalui Pencegahan Korosi pada Elektroda dengan Perendaman Cu (Ag) Zn menggunakan Metode Sacrificial Anode Mg," *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 22, no. 1, pp. 1–9.
[25] R. Sari, A. B. Riyanta, and A. S. Wibawa, "Formulasi dan Evaluasi Sabun Padat Antioksidan Ektrak Maserasi Kulit Buah Pisang Kepok (Musa normalis L)," *Parapemikir J. Ilm. Farm.*, vol. 6, no. 2, 2017.