

Pemanfaatan Jeruk (*Citrus Sinensis*) dengan Penambahan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) untuk Pembuatan Bio-Baterai

Iqbal Bramantio¹, Rusdianasari^{2,*}, Akbar Ismi Aziz Pramito¹

¹Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya

²Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Sriwijaya

*E-mail: rusdianasari@polsri.ac.id

Abstract

Article history:

Received: 25-09-2025

Accepted: 07-11-2025

Published: 21-12-2025

Keywords:

bio-battery;

citrus sinensis;

conductivity;

electrolyte;

sodium carbonate.

*The increasing demand for electrical energy due to population growth, urbanization, and technological development requires alternative solutions that are environmentally friendly and sustainable. Conventional batteries generally contain hazardous heavy metals, thus encouraging the development of bio-batteries using natural materials. This study aims to utilize orange (*Citrus sinensis*) juice as an electrolyte in the fabrication of bio-batteries and to investigate the effect of sodium carbonate (Na_2CO_3) addition on their electrochemical performance. The research was conducted experimentally by preparing electrolyte solutions consisting of orange juice with variations in volume (200–400 mL) and Na_2CO_3 concentration (0.5; 1; and 2 M). Electrodes used were copper (Cu) as cathode and aluminum (Al) as anode, arranged in series within a BioChamber. Parameters measured included pH 5, voltage, current, power, conductivity, and LED lighting duration. The results show that the optimum condition was obtained at 200 mL of orange juice with 0.5 M Na_2CO_3 , producing a voltage of 6.45 V, a current of 30.89 mA, a power of 199.24 mW, and LED lighting duration of approximately 356 minutes. Increasing the Na_2CO_3 concentration to 1 M and 2 M decreased the performance due to the excessive alkalinity of the solution. This study demonstrates that orange juice combined with Na_2CO_3 has significant potential as an alternative, environmentally friendly energy source for the development of green energy technologies.*

1. Pendahuluan

Sumber daya listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia modern yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, serta perkembangan teknologi dan industrialisasi yang pesat telah mendorong peningkatan konsumsi energi listrik di berbagai sektor [1]. Ketergantungan manusia terhadap perangkat elektronik semakin tinggi, baik untuk kebutuhan rumah tangga, transportasi, maupun industri berskala besar. Sayangnya, peningkatan permintaan energi ini tidak diimbangi dengan ketersediaan sumber daya energi fosil yang semakin menipis sehingga menimbulkan ancaman krisis energi global yang perlu segera diatasi melalui pengembangan sumber energi alternatif yang berkelanjutan [2].

Salah satu permasalahan utama dari penggunaan energi konvensional adalah dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Penggunaan bahan bakar fosil tidak hanya mempercepat penurunan cadangan energi, tetapi juga meningkatkan emisi karbon yang memperparah pemanasan global [3]. Oleh karena itu, banyak penelitian diarahkan pada

pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan, terbarukan, dan efisien [4]. Salah satu bentuk energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah energi yang berasal dari bahan organik seperti buah-buahan dan limbah pertanian, karena bahan tersebut mudah diperoleh, melimpah, dan memiliki biaya produksi yang rendah [5].

Salah satu inovasi energi alternatif berbasis bahan alami adalah bio-baterai, yaitu sistem elektrokimia yang menggunakan bahan organik seperti buah atau limbah sayuran sebagai larutan elektrolit untuk menghasilkan energi listrik [6]. Mekanisme kerjanya menyerupai sel volta, di mana terjadi reaksi redoks antara elektroda logam dan ion-ion dalam larutan elektrolit yang menghasilkan beda potensial listrik. Dibandingkan dengan baterai konvensional, bio-baterai memiliki keunggulan karena lebih ramah lingkungan, mudah terurai secara alami, serta tidak mengandung logam berat berbahaya seperti timbal dan kadmium [7].

Buah jeruk (*Citrus sinensis*) merupakan salah satu bahan alami yang potensial untuk dijadikan elektrolit bio-baterai. Kandungan

asam sitrat, asam askorbat, serta ion-ion logam seperti H^+ , K^+ , dan Na^+ pada sari jeruk menjadikannya larutan konduktor yang baik untuk menghantarkan arus listrik. Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa sari buah jeruk dapat menghasilkan tegangan listrik meskipun masih relatif kecil, dan hasilnya dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan lain yang memiliki sifat basa untuk menyeimbangkan keasaman larutan [8].

Natrium karbonat (Na_2CO_3) merupakan senyawa anorganik yang bersifat basa lemah, larut dalam air, dan mampu meningkatkan pH larutan. Senyawa ini banyak digunakan dalam industri kaca, deterjen, dan pengolahan logam [9]. Penambahan Na_2CO_3 dalam sari jeruk diharapkan dapat meningkatkan konduktivitas larutan melalui peningkatan jumlah ion terlarut serta memperbaiki kestabilan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan. Selain itu, pemanfaatan Na_2CO_3 yang dapat berasal dari limbah industri mendukung penerapan prinsip ekonomi sirkular dan teknologi ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap lima parameter utama, yaitu pH, konduktivitas, tegangan, arus, dan daya, yang saling berhubungan secara elektrokimia. Nilai pH berpengaruh terhadap tingkat ionisasi elektrolit dan kestabilan reaksi redoks, sedangkan konduktivitas menggambarkan kemampuan larutan menghantarkan ion-ion bermuatan. Tegangan (V) menunjukkan besar beda potensial antar elektroda, arus merepresentasikan laju aliran elektron, dan daya ($P = V \times I$) menjadi indikator efisiensi energi yang dihasilkan [10]. Dengan demikian, kelima parameter tersebut menjadi dasar utama untuk menilai efektivitas sistem bio-baterai berbasis sari jeruk dan Na_2CO_3 .

Jika dibandingkan dengan penelitian Welly yang menggunakan kulit nanas dengan larutan NaOH menghasilkan tegangan sebesar 9 V, arus 3,55 mA, dan daya 36,9 mW, maka bio-baterai berbahan sari jeruk dengan Na_2CO_3 memiliki keunggulan pada daya listrik yang lebih tinggi meskipun tegangannya sedikit lebih rendah [10]. Sementara itu, dilaporkan dari hasil penelitian lain bahwa limbah jeruk menghasilkan tegangan sekitar 0,97 V dan arus 1,04 mA, jauh lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian ini, sehingga kombinasi sari jeruk dengan penambahan Na_2CO_3 terbukti

mampu meningkatkan efisiensi bio-baterai secara signifikan [11].

Secara ilmiah, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi antara sari jeruk dan Na_2CO_3 memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan. Selain dapat memanfaatkan limbah organik, penelitian ini juga mendukung upaya global dalam mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya dalam penyediaan energi bersih yang terjangkau serta mendorong pola konsumsi dan produksi yang lebih bertanggung jawab [12].

2. Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu dari April hingga Juni 2025, di Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah dan Satuan Proses Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

2.2 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sari jeruk (*Citrus sinensis*) sebanyak 4,5 liter sebagai sumber elektrolit alami, natrium karbonat (Na_2CO_3) sebanyak 250 gram dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 1 M, dan 2 M, serta aquadest sebanyak 5 liter sebagai pelarut. Sari jeruk digunakan karena mengandung senyawa elektrolit seperti asam sitrat, asam askorbat, dan ion-ion logam (H^+ , K^+ , Na^+ , dan Ca^{2+}) yang mampu menghasilkan reaksi redoks dan menghantarkan arus listrik.

Natrium karbonat produk Merck berperan sebagai zat aditif untuk meningkatkan konduktivitas larutan melalui penambahan jumlah ion terlarut dan penyesuaian pH agar reaksi elektrokimia berlangsung lebih optimal. Sementara itu, aquadest digunakan untuk melarutkan padatan natrium karbonat dan mencampurkannya dengan sari jeruk karena sifatnya yang murni serta bebas dari pengotor yang dapat memengaruhi kestabilan elektrolit. Kombinasi ketiga bahan tersebut diharapkan mampu menghasilkan larutan elektrolit homogen dengan karakteristik elektrokimia yang optimal untuk meningkatkan performa bio-baterai.

2.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *BioChamber* sebagai wadah sistem sel bio-baterai, elektroda tembaga (Cu) sebagai katoda dan aluminium (Al) sebagai anoda, multimeter digital Merek Aneng 621 dengan akurasi $\pm 0,01$ V dan $\pm 0,01$ mA untuk mengukur tegangan serta arus, serta konduktometer merek *Eutech Instruments* dengan akurasi $\pm 0,01$ mS/cm untuk mengukur konduktivitas larutan. Selain itu, digunakan lampu LED berkapasitas 3 V dan 20 mA sebagai indikator nyala yang menunjukkan ada tidaknya aliran listrik dalam rangkaian bio-baterai, serta kertas pH merek Merck dengan rentang 1–14 dan akurasi $\pm 0,5$ untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaaan larutan elektrolit.

Peralatan pendukung lainnya meliputi alat pemeras jeruk, saringan, beaker glass, *magnetic stirrer*, *hot plate*, dan *stopwatch* yang digunakan untuk proses persiapan bahan, pencampuran larutan, serta pengaturan dan pengamatan selama eksperimen berlangsung.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pembuatan Larutan Natrium Karbonat

Larutan Na_2CO_3 bermerek Merck dibuat dengan menimbang padatan sesuai konsentrasi yang ditentukan, kemudian dilarutkan dalam aquadest hingga mencapai volume 50 mL. Proses pelarutan dilakukan dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen.

2.4.2 Pembuatan Bio-Baterai

Kegiatan pemerasan jeruk sebanyak 15 kg dibatasi hanya pada proses memperoleh sari jeruk murni dari jeruk segar yang matang sempurna tanpa melalui tahap lanjutan seperti penambahan bahan atau pengemasan. Larutan elektrolit dibuat dengan mencampurkan sari jeruk dan larutan Na_2CO_3 bermerek Merck sesuai variasi volume (200; 250; 300; 350; dan 400 mL) serta konsentrasi (0,5; 1; dan 2 M). Campuran dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Selanjutnya, larutan dimasukkan ke dalam *BioChamber* dengan elektroda Cu dan Al yang dipasang secara seri.

2.4.3 Rangkaian dan Pengujian

Bio-baterai pada penelitian ini disusun dalam rangkaian seri dengan beban lampu LED sebagai indikator nyala untuk menunjukkan adanya aliran listrik yang dihasilkan. Pengujian

dilakukan terhadap beberapa parameter utama, yaitu pH, tegangan, arus, dan daya. Nilai pH larutan diukur menggunakan kertas pH untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaaan elektrolit yang memengaruhi proses ionisasi dan kestabilan reaksi elektrokimia.

Konduktivitas larutan diukur dengan menggunakan konduktometer. Tegangan (V) dan arus (I) diukur menggunakan multimeter digital guna menentukan besar beda potensial serta laju aliran elektron yang dihasilkan dari reaksi redoks antara elektroda. Selanjutnya, daya listrik (P) dihitung berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan persamaan (1):

$$P=V \times I \quad (1)$$

Dimana P adalah daya listrik (mW), V adalah tegangan (Volt), dan I adalah arus listrik (Ampere).

Kapasitas bio-baterai (Q) dihitung berdasarkan waktu nyala LED dengan persamaan:

$$Q=I \times h \quad (2)$$

Dimana Q adalah kapasitas bio-baterai (mAh), I adalah arus listrik (Ampere), dan h adalah waktu nyala (jam).

2.5 Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan tegangan, arus, daya, pH, dan konduktivitas pada setiap variasi volume sari jeruk dan konsentrasi Na_2CO_3 .

Data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi. Rancangan percobaan menggunakan variasi faktorial (volume sari jeruk \times konsentrasi Na_2CO_3) tanpa ulangan, sehingga analisis difokuskan pada perbandingan hasil antar variasi.

3. Hasil dan Pembahasan

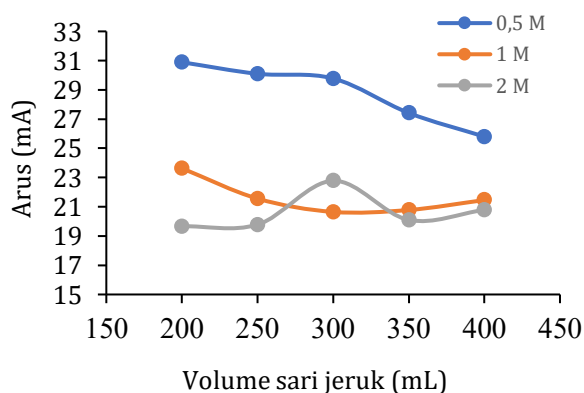
3.1 Karakteristik Bio-Baterai dari Sari Jeruk dan Natrium Karbonat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sari jeruk dapat berfungsi sebagai larutan elektrolit yang menghasilkan energi listrik ketika dipadukan dengan elektroda tembaga (Cu) sebagai katoda dan aluminium (Al) sebagai anoda.

Penambahan natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan variasi konsentrasi memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter tegangan, arus, daya, pH, serta konduktivitas larutan. Secara umum, kondisi optimum diperoleh pada volume sari jeruk 200 mL dengan konsentrasi Na_2CO_3 sebesar 0,5 M, menghasilkan tegangan 6,45 V, arus 30,89 mA, daya 199,24 mW, dan waktu nyala LED sekitar 356 menit. Namun, peningkatan konsentrasi Na_2CO_3 hingga 1 M dan 2 M cenderung menurunkan performa bio-baterai akibat larutan menjadi terlalu basa (pH 9–11) sehingga menghambat reaksi elektrokimia [13].

3.2 Pengaruh Volume Sari Jeruk terhadap Tegangan dan Arus

Pengaruh volume sari jeruk terhadap tegangan ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Dari Gambar 1 terlihat bahwa peningkatan konsentrasi Na_2CO_3 hingga 0,5 M terbukti meningkatkan nilai arus dan daya secara signifikan, dengan arus tertinggi sebesar 30,89 mA dan daya mencapai 199,24 mW. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah ion Na^+ dan CO_3^{2-} yang memperkuat konduktivitas larutan, sehingga perpindahan muatan antar elektroda menjadi lebih mudah. Namun, pada konsentrasi 1 M dan 2 M, performa listrik justru menurun karena pH larutan menjadi terlalu basa (pH 9–11), yang menghambat proses ionisasi asam sitrat dalam sari jeruk dan menurunkan mobilitas ion [14].

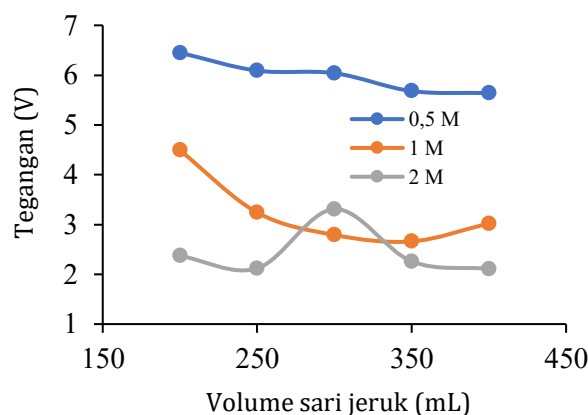


Gambar 1. Pengaruh volume sari jeruk terhadap tegangan

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi elektrolit di atas titik optimum dapat menimbulkan efek jenuh ionik, di mana ion-ion saling berinteraksi sehingga menurunkan

efisiensi perpindahan elektron [15]. Temuan ini juga menjelaskan bahwa kondisi basa ekstrem dalam sistem bio-elektrokimia dapat menyebabkan terbentuknya endapan basa lemah pada permukaan elektroda, sehingga menurunkan nilai arus dan daya yang dihasilkan.

Hal ini disebabkan oleh efek pengenceran larutan elektrolit yang menurunkan konsentrasi ion-ion aktif per satuan volume. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang melaporkan bahwa peningkatan volume larutan elektrolit dari buah menyebabkan penurunan tegangan akibat menurunnya rapat ion yang berpartisipasi dalam reaksi redoks [16].



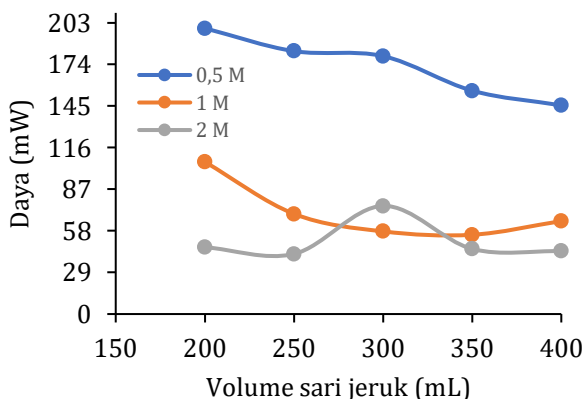
Gambar 2. Pengaruh volume sari jeruk terhadap arus

3.3 Pengaruh Volume Sari Jeruk terhadap Daya

Hasil pengukuran pengaruh volume sari jeruk terhadap daya ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH optimum sistem berada pada kisaran 5–6 dengan nilai konduktivitas tertinggi sebesar 43,78 mS/cm pada kombinasi 200 mL sari jeruk dan 0,5 M Na_2CO_3 . Kondisi ini menghasilkan tegangan dan arus paling tinggi, menandakan bahwa pH memiliki pengaruh langsung terhadap konduktivitas larutan elektrolit. Ketika pH mendekati netral, ionisasi asam sitrat dan asam askorbat berlangsung optimal, menghasilkan ion H^+ dalam jumlah cukup untuk mendukung reaksi reduksi pada katoda. Sebaliknya, pada kondisi basa, jumlah ion H^+ berkurang sehingga hambatan listrik meningkat dan menurunkan efisiensi daya [16].

Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa efisiensi daya bio-baterai sangat bergantung pada keseimbangan antara tingkat keasaman larutan dan kerapatan ion bermuatan. Semakin tinggi nilai konduktivitas, semakin

mudah ion berpindah dalam larutan, sehingga mempercepat transfer elektron dan meningkatkan daya keluaran sistem. Oleh karena itu, kombinasi pH moderat dan konduktivitas tinggi menjadi kunci penting untuk menghasilkan bio-baterai dengan performa optimal dan stabilitas tinggi.



Gambar 3. Pengaruh volume sari jeruk terhadap daya

3.4 Konduktivitas Larutan Elektrolit

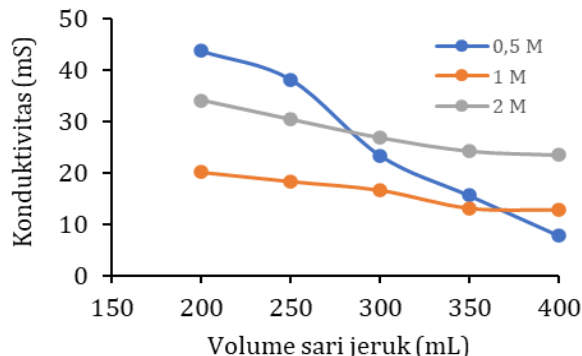
Hasil pengukuran konduktivitas menunjukkan bahwa campuran sari jeruk dan Na_2CO_3 memiliki nilai konduktivitas yang cukup bervariasi, seperti diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Hasil analisa bio-baterai pada variasi konsentrasi Na_2CO_3 dan volume sari jeruk terhadap konduktivitas

No.	Konsentrasi Na_2CO_3 (M)	Volume sari jeruk (mL)	Konduktivitas (mS/cm)
1	0,5	200	43,78
2		250	38,2
3		300	23,4
4		350	15,6
5		400	7,8
6		200	20,17
7	1	250	18,36
8		300	16,65
9		350	13,13
10	2	400	12,87
11		200	34,15
12		250	30,47
13		300	26,94
14		350	24,35
15		400	23,58

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,5 M dengan volume 200 mL, konduktivitas mencapai 43,78 mS/cm, nilai tertinggi dalam penelitian ini. Akan tetapi, peningkatan volume sari jeruk hingga 400 mL menurunkan konduktivitas menjadi 7,8 mS/cm.

Hal ini kembali mengindikasikan adanya efek pengenceran larutan. Semakin tinggi jumlah ion yang bergerak bebas, semakin baik daya hantar listrik larutan elektrolit. Dengan demikian, pengaturan volume dan konsentrasi menjadi faktor penting dalam desain bio-baterai berbasis buah.



Gambar 4. Konduktivitas larutan elektrolit

3.5 Uji Aplikasi pada Lampu LED

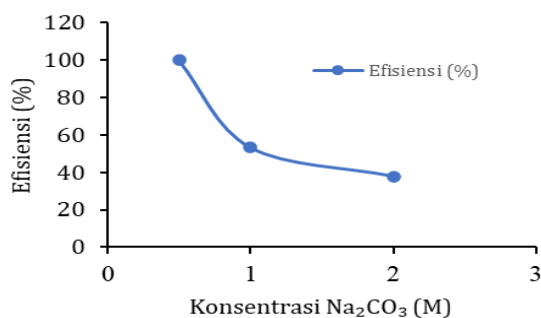
Pengujian nyala lampu LED dilakukan sebagai verifikasi hasil eksperimen. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa uji pengaplikasian bio-baterai pada lampu LED

No.	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Waktu Nyala (menit)	Nyala terang	Lampu redup
1	4,45	30,89	199,24	356	✓	
2	6,09	30,1	183,31	338	✓	
3	6,04	29,78	179,87	312	✓	
4	5,68	27,42	155,75	256	✓	
5	5,64	25,8	145,51	234	✓	
6	4,49	23,63	106,1	164	✓	
7	3,24	21,56	69,85	101		✓
8	2,79	20,65	57,61	188	✓	
9	2,66	20,78	55,27	138	✓	
10	3,02	21,46	64,81	143	✓	
11	2,37	19,67	46,62	154	✓	
12	2,12	19,78	41,93	193	✓	
13	3,31	22,78	75,4	137	✓	
14	2,26	20,1	45,43	123		✓
15	2,11	20,79	43,87	100		✓

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada kondisi optimum (200 mL sari jeruk + 0,5 M Na_2CO_3), LED mampu menyala terang selama ±356 menit dengan daya keluaran 199,24 mW. Namun, pada konsentrasi 2 M dengan volume yang sama, daya hanya sebesar 46,62 mW dengan nyala lampu redup dan waktu menyala ±154 menit. Hasil ini membuktikan bahwa penambahan Na_2CO_3 pada dosis tepat sangat berpengaruh terhadap kestabilan daya yang dihasilkan bio-baterai.

Efisiensi daya listrik yang diperoleh berdasarkan pengaruh konsentrasi Na_2CO_3 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Na₂CO₃ terhadap efisiensi daya listrik

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sari jeruk (*Citrus sinensis*) dapat dimanfaatkan sebagai larutan elektrolit pada pembuatan bio-baterai. Penambahan natrium karbonat (Na₂CO₃) dengan konsentrasi tertentu mampu meningkatkan performa bio-baterai, khususnya pada aspek tegangan, arus, daya, pH, dan konduktivitas. Kondisi optimum diperoleh pada volume sari jeruk 200 mL konsentrasi Na₂CO₃ 0,5 M yang menghasilkan tegangan 6,45 V, arus 30,89 mA, daya 199,24 mW, dan waktu nyala lampu LED selama ±356 menit.

Peningkatan konsentrasi Na₂CO₃ hingga 1 M dan 2 M justru menurunkan kinerja bio-baterai karena larutan menjadi terlalu basa sehingga menghambat proses elektrokimia. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi sari jeruk dan natrium karbonat berpotensi dikembangkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, ekonomis, serta mendukung konsep energi terbarukan.

Daftar Pustaka

- [1] Ploetz, R., Rusdianasari, R., & Eviliana, E., 2016. *Renewable energy: advantages and disadvantages*. in *Proceeding Forum in Research, Science, and Technology (FIRST) 2016*: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [2] Bambang, S., Tuti, P., & Dedi, M., 2019. *Pemanfaatan buah-buahan sebagai bio-baterai ramah lingkungan*. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, Vol. 8, No. 2, pp. 45-52.
- [3] Rina, J., 2022. *Studi pengaruh basa terhadap kinerja sel elektrokimia*. *Jurnal Sains dan Aplikasi Kimia*, Vol. 11, No. 1, pp. 12-20.
- [4] Krishnan, K., Jae, L., & Tae, O.K., 2009. *Conductivity behavior of electrolytes in electrochemical cells*. *Electrochimica Acta*, Vol. 54, No. 2, pp. 321-327.
- [5] Sugeng, S., Lestari, H., & Rina, P., 2020. *Pemanfaatan limbah jeruk sebagai elektrolit dalam bio-baterai sederhana*. *Jurnal Teknik Kimia dan Energi*, Vol. 6, No. 1, pp. 33-40.
- [6] Welly, S., 2024. *Pemanfaatan limbah nanas sebagai sumber elektrolit pada bio-baterai*. *Jurnal Teknologi Proses*, Vol. 12, No. 3, pp. 101-108.
- [7] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2022. *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia 2022*. Jakarta: DESDM.
- [8] Hendro, K., & Rizky, A., 2021. *Studi eksperimental bio-baterai berbasis jeruk dengan variasi elektroda*. *Jurnal Rekayasa Energi*, Vol. 9, No. 2, pp. 77-84.
- [9] Anisa, Y., 2020. *Pengaruh penambahan natrium karbonat terhadap pH dan daya hantar listrik larutan*. *Jurnal Kimia Riset*, Vol. 5, No. 4, pp. 210-218.
- [10] United Nations. *The sustainable development goals report, 2023*. New York: United Nations, 2023.
- [11] Slamet, P.S., & Lina, H., 2018. *Pengaruh variasi buah terhadap tegangan bio-baterai*. *Jurnal Sains dan Teknologi Terapan*, Vol. 4, No. 1, pp. 55-62.
- [12] Rahmat, G., 2019. *Pemanfaatan asam sitrat dari jeruk sebagai sumber elektrolit alami*. *Jurnal Kimia Hijau*, Vol. 7, No. 2, pp. 89-95.
- [13] Teguh, N., Mochammad, A., & Putri, H., 2021. *Analisis kinerja bio-baterai berbasis buah tropis*. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, Vol. 10, No. 3, pp. 144-152.
- [14] Dian, N.S., & Fajar, H., 2020. *Pengaruh variasi elektrolit alami terhadap performa bio-baterai*. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-30.
- [15] Luthfi, H., & Ahmad, S., 2022. *Kajian pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi alternatif*. *Jurnal Inovasi Teknologi*, Vol. 14, No. 2, pp. 67-75.
- [16] Tri, S., Tria, R.A., Rusdianasari, R., Robert, J., & Abu, H., 2025. *Utilization of rotten tomato juice and starfruit juice with the addition of potassium hydroxide in biobattery production*. *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*. Vol. 9, No. 3, pp. 39-47.