

## ANALISIS PENGARUH KOMBINASI BUAH, JUMLAH BUAH DAN PANJANG KABEL TERHADAP ARUS LISTRIK PADA SEL ELEKTROKIMIA BUAH

Nabila Trijanuary Putri<sup>1</sup>, Fitri Novi Ramadani<sup>2</sup>, Fadzil Ainun Najib<sup>3</sup>, Fuji Hernawati Kusumah<sup>4</sup>

[nabilatrijanuari@gmail.com](mailto:nabilatrijanuari@gmail.com)<sup>1</sup>, [fitrinoviramadani6@gmail.com](mailto:fitrinoviramadani6@gmail.com)<sup>2</sup>, [fadzilainjib26@gmail.com](mailto:fadzilainjib26@gmail.com)<sup>3</sup>, [fujikusumah@uinjkt.ac.id](mailto:fujikusumah@uinjkt.ac.id)<sup>4</sup>

UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

### ABSTRAK

Krisis energi global mendorong upaya intensif untuk menemukan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, terbarukan, dan mudah diaplikasikan. Salah satu pendekatan inovatif yang mulai dikembangkan adalah pemanfaatan buah-buahan sebagai elektrolit alami dalam sistem sel elektrokimia sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi jenis buah, jumlah buah, dan panjang kabel terhadap besar arus listrik yang dihasilkan dari rangkaian bio-battery buah. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan desain faktorial, melibatkan buah-buahan berasam tinggi seperti lemon, jeruk nipis, belimbing wuluh, dan jahe, serta variasi panjang kabel 10 cm, 15 cm, dan 20 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi buah dengan tingkat keasaman tinggi, khususnya belimbing wuluh dan jeruk nipis, mampu menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Panjang kabel juga berpengaruh signifikan, dengan kabel sepanjang 15 cm menghasilkan arus tertinggi secara konsisten. Sementara itu, peningkatan jumlah buah tidak selalu meningkatkan arus, yang menunjukkan adanya pengaruh hambatan internal. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam integrasi variabel buah dan perangkat konduktif, serta membuka peluang pengembangan energi terbarukan skala kecil yang edukatif dan aplikatif dalam konteks pembelajaran sains dan kebutuhan rumah tangga.

**Kata Kunci:** Bio-Battery, Elektrolit Buah, Panjang Kabel, Jumlah Buah, Arus Listrik.

### ABSTRACT

*The global energy crisis has intensified efforts to discover environmentally friendly, renewable, and easily applicable alternative energy sources. One promising approach is the utilization of fruits as natural electrolytes in simple electrochemical cell systems. This study aims to analyze the influence of fruit type combinations, the number of fruits, and the length of connecting wires on the magnitude of electric current generated by fruit-based bio-batteries. A quantitative experimental method with a factorial design was employed, involving highly acidic fruits such as lemon, lime, bilimbi, and ginger, as well as cable lengths of 10 cm, 15 cm, and 20 cm. The results indicate that combinations of highly acidic fruits, particularly bilimbi and lime, generated higher electrical current. Wire length also significantly affected current output, with 15 cm wires consistently producing the highest current. Meanwhile, increasing the number of fruits did not always result in greater current, suggesting internal resistance effects. This study contributes to the integration of biological and conductive variables and offers potential for developing small-scale renewable energy systems that are both educational and practical for science learning and household use.*

**Keywords:** Bio-Battery, Fruit Electrolyte, Cable Length, Fruit Quantity, Electric Current.

### PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar yang menopang berbagai aktivitas manusia, baik dalam sektor industri, rumah tangga, hingga pendidikan. Namun, krisis energi masih menjadi tantangan besar di banyak negara, termasuk Indonesia. Ketergantungan terhadap sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara tidak hanya berdampak pada tingginya biaya operasional pembangkit listrik, tetapi juga menyebabkan pencemaran lingkungan akibat emisi gas rumah kaca. Dampak lanjutannya adalah ketidakstabilan

pasokan energi nasional yang sering kali ditandai dengan pemadaman bergilir di sejumlah wilayah. Permasalahan ini menuntut solusi strategis berupa pengembangan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Agung, 2023).

Energi terbarukan didefinisikan sebagai energi non-fosil yang dapat diperoleh kembali secara alami dalam waktu singkat dan dikelola berkelanjutan oleh manusia. Menurut Mahroni & Supriyatna (2024), sumber ini meliputi panas bumi, matahari, angin, air, biomassa, laut, dan sel bahan bakar.

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang besar, termasuk hasil pertanian seperti buah-buahan. Kesuburan tanah yang tinggi, kandungan bahan organik, serta kapasitas tukar kation mendukung produksi buah lokal secara melimpah (Siti Maro'ah, 2021). Buah-buahan dengan kandungan asam dan elektrolit tinggi, seperti jeruk, lemon, dan belimbing wuluh, mampu menjadi medium terjadinya reaksi redoks saat dihubungkan dengan elektroda logam, menghasilkan arus listrik dalam skala kecil. Prinsip kerja ini dikenal sebagai bio-battery atau sel buah, yang memiliki keunggulan dari segi keterjangkauan, ramah lingkungan, serta potensial sebagai alat bantu edukatif dalam pembelajaran energi dan reaksi elektrokimia.

Sejumlah penelitian telah mengkaji efektivitas buah sebagai media elektrolit. En Rico et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi buah jeruk lemon dan belimbing wuluh mampu menghasilkan tegangan lebih dari 4 volt. Saqila et al. (2024) membandingkan penggunaan jahe dan jeruk nipis dalam bentuk segar, busuk, dan ekstrak, dan menyimpulkan bahwa tingkat keasaman memengaruhi efektivitas elektrokimia buah. Sementara itu, Sulaiman et al. (2020) menemukan bahwa campuran buah berasam seperti lemon dan belimbing wuluh menunjukkan sifat elektrolit kuat yang signifikan dalam penghantaran arus listrik.

Penelitian terbaru oleh Pujiarini dan Sudarti (2023) menunjukkan bahwa kombinasi buah jeruk nipis dan belimbing wuluh mampu menghasilkan tegangan hingga 2,2 V dan arus sebesar 0,58 mA dalam sistem bio-battery sederhana. Nilai keluaran ini berkorelasi dengan tingkat keasaman buah, yang menjadi faktor penting dalam menentukan efisiensi penghantaran ion pada larutan elektrolit alami. Temuan ini diperkuat oleh Sari et al. (2023), yang melaporkan bahwa buah nanas dan jeruk nipis, dengan pH relatif rendah, mampu menghasilkan tegangan sekitar 1,66 V dan arus mencapai 0,13 mA. Hasil-hasil tersebut menegaskan bahwa karakteristik kimia dan komposisi buah memiliki peran signifikan dalam membentuk daya hantar listrik sel elektrokimia berbasis buah, sehingga penggabungan jenis buah menjadi strategi potensial untuk mengoptimalkan performa sistem bio-battery.

Penelitian serupa dilakukan oleh Setiawan et al. (2023), yang menemukan bahwa tomat menghasilkan arus tertinggi sebesar 1,41 mA dalam sel elektrokimia sederhana menggunakan elektroda Cu–Zn. Dwi et al. (2022) menegaskan bahwa buah belimbing dapat menghasilkan tegangan dan arus signifikan saat digunakan dalam rangkaian sel buah dengan elektroda berluas 6 cm<sup>2</sup>. Sementara itu, Saputro et al. (2024) menunjukkan bahwa rangkaian seri dari buah belimbing menghasilkan tegangan sebesar 4,2 V dan arus 0,2 mA, serta mampu menyalakan LED selama sembilan hari, yang menandakan stabilitas output listrik yang baik dalam jangka pendek.

Selain jenis dan jumlah buah, faktor panjang kabel penghubung juga memainkan peran penting dalam efektivitas arus listrik yang dihasilkan pada sel elektrokimia buah. Berdasarkan hukum Ohm, resistansi kawat berbanding lurus dengan panjangnya, sehingga semakin panjang kabel, maka hambatan dalam rangkaian akan meningkat dan arus yang mengalir akan menurun. Rustiani et al. (2023) membuktikan bahwa kawat konstan dan nichrome menunjukkan peningkatan resistansi secara signifikan saat panjang kawat bertambah, yang secara langsung menurunkan besar arus listrik.

Hal serupa ditegaskan oleh Kasli et al. (2020) dalam analisis hambatan kawat aluminium, di mana nilai resistansi meningkat seiring penambahan panjang kawat, sesuai dengan rumus  $R = \rho L/A$  dengan  $R$  resistansi,  $\rho$  hambatan jenis,  $L$  panjang kawat, dan  $A$  luas penampang. Dengan demikian, pengaruh panjang kabel terhadap resistansi menjadi variabel penting yang perlu dianalisis lebih dalam dalam sistem bio-battery buah. Kiswari dan Rahayu (2020) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa resistansi internal pada buah-buahan turut memengaruhi daya hantar arus secara signifikan.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya fokus pada satu jenis buah atau membandingkan dua buah tanpa menggabungkan faktor lain seperti panjang kabel atau jumlah buah dalam satu rangkaian. Belum banyak studi yang menganalisis bagaimana kombinasi beberapa jenis buah, variasi jumlah, serta panjang kabel penghubung dapat memengaruhi besar arus listrik yang dihasilkan secara sistematis. Selain itu, aspek dinamika arus seiring waktu penggunaan masih kurang mendapat perhatian. Dengan demikian, terdapat gap penelitian yang penting untuk diisi guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efektivitas buah sebagai sumber energi alternatif.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh kombinasi jenis buah, jumlah buah, dan panjang kabel terhadap arus listrik yang dihasilkan dalam sel elektrokimia buah. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan energi terbarukan skala kecil, tetapi juga memperkaya media pembelajaran fisika dalam konteks elektrokimia.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif dengan rancangan faktorial. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi: (1) kombinasi jenis buah (*jeruk nipis*, *lemon*, *jahe*, dan *belimbing wuluh*), (2) jumlah buah dalam satu rangkaian (dua dan tiga buah), dan (3) panjang kabel penghubung (10 cm, 15 cm, dan 20 cm). Variabel terikat adalah besar arus listrik (dalam satuan miliampere/mA) yang dihasilkan dari rangkaian sel elektrokimia buah. Alat yang digunakan adalah multimeter digital, kabel tunggal dengan variasi panjang (10 cm, 15 cm, 20 cm), stopwatch, dan kabel penghubung. Bahan yang digunakan terdiri atas jahe (*Zingiber officinale*), jeruk nipis (*Citrus aurantiifolia*), lemon (*Citrus limon*), dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) dalam kondisi matang dan belum matang. Elektroda ditusukkan ke dalam buah-buahan dan disusun secara seri dalam kombinasi tertentu.

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Pendidikan Fisika dengan menggunakan alat dan bahan sederhana yang dapat direplikasi. Alat yang digunakan meliputi multimeter digital, kabel tunggal (berinti tembaga) dengan variasi panjang (10 cm, 15 cm, dan 20 cm), stopwatch, serta kabel penghubung biasa. Dalam penelitian ini, ujung kabel berfungsi langsung sebagai elektroda yang ditusukkan ke dalam buah, tanpa menggunakan elektroda logam tambahan seperti tembaga atau seng. Potensi beda tegangan dalam sistem ini timbul murni dari perbedaan elektrolit antarbuah dan karakteristik logam dalam kabel itu sendiri.

Bahan yang digunakan terdiri dari buah jahe (*Zingiber officinale*), jeruk nipis (*Citrus aurantiifolia*), lemon (*Citrus limon*), dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) dalam kondisi matang dan belum matang. Buah-buahan disusun dalam rangkaian seri dengan variasi kombinasi tertentu sesuai perlakuan.

## Menyiapkan Alat dan Bahan



Kabel Penghubung



Kabel Tunggal



Mistar



Gunting & Tang



Multimeter Digital



Belimbing Wuluh Belum Matang



Belimbing Wuluh Matang



Jahe



Jeruk Nipis



Lemon

## Percobaan 1: Variasi Kombinasi Buah



3 Jahe + 3 Jeruk Nipis



3 Lemon + 3 Belimbing Wuluh



3 Jahe + 3 Jeruk Nipis + 3 Lemon



3 Jahe + 3 Lemon + 3 Belimbing Wuluh

## Percobaan 2: Variasi Jumlah Buah



1 Jahe + 1 Jeruk Nipis + 1 Lemon



2 Jahe + 2 Jeruk Nipis + 2 Lemon



1 Jahe + 1 Jeruk Nipis + 1 Belimbing Wuluh

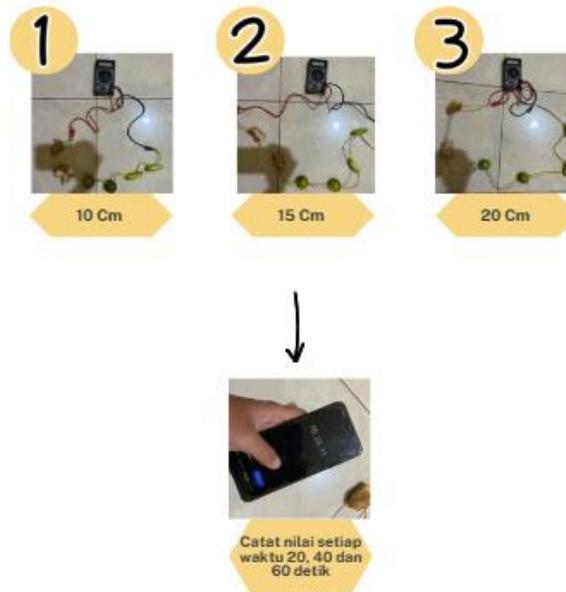


2 Jahe + 2 Jeruk Nipis + 2 Belimbing Wuluh



Catat nilai setiap waktu 20, 40 dan 60 detik

### Percobaan 3: Variasi Panjang Kabel



Pengukuran arus listrik dilakukan pada tiga titik waktu, yaitu detik ke-20, 40, dan 60 setelah rangkaian tersambung. Setiap kombinasi buah dan panjang kabel diuji sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi data dan mengurangi kesalahan eksperimen.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif komparatif. Nilai arus listrik dari setiap kombinasi jenis buah, jumlah buah, panjang kabel, dan waktu pengukuran disusun dalam bentuk tabel dan dihitung rata-ratanya. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk eksperimen yang bersifat eksploratif dan tidak menggunakan pengujian statistik inferensial. Tujuan dari analisis ini adalah untuk membandingkan antarperlakuan secara langsung dan mengidentifikasi kecenderungan pola perubahan arus berdasarkan variabel yang dimanipulasi.

Selain itu, analisis dilakukan tanpa uji statistik karena penelitian ini difokuskan pada pengamatan langsung terhadap konfigurasi yang paling efektif menghasilkan arus, bukan untuk menggeneralisasi populasi. Visualisasi grafik juga digunakan untuk membantu mempermudah interpretasi hubungan antara panjang kabel, kombinasi buah, dan waktu terhadap besar arus listrik yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan beragam data arus listrik dari tiga variabel utama: kombinasi buah, jumlah buah, dan panjang kabel. Berikut analisis hasil dengan dukungan literatur:

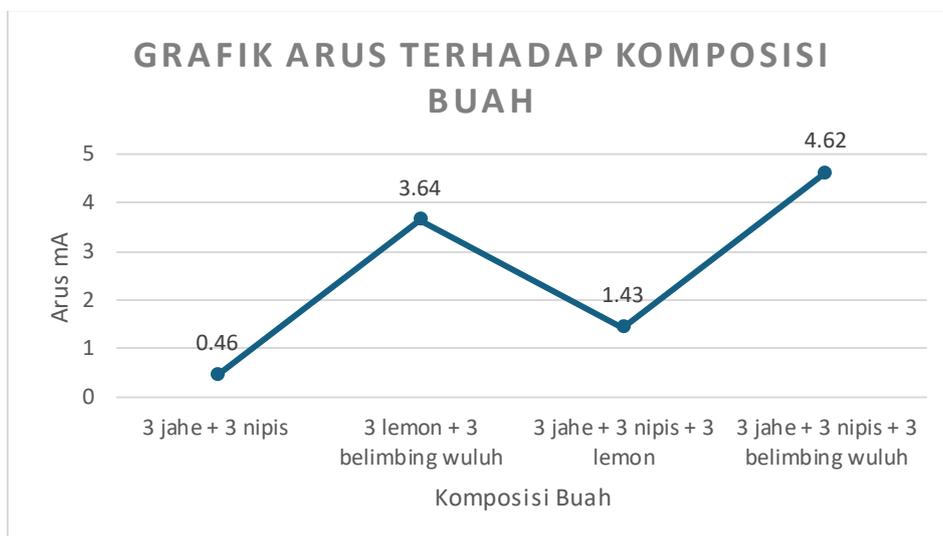
### 1. Pengaruh Kombinasi Buah terhadap Arus Listrik

Tabel 1. Data Arus Listrik pada Variasi Kombinasi Buah

Catatan: Belimbing wuluh yang digunakan belum matang

Rangkaian	Komposisi Buah	Panjang Kabel	Arus (I)
1	3 jahe + 3 nipis	15 cm	0.46 mA

2	3 lemon + 3 belimbing wuluh	15 cm	3.64 mA
3	3 jahe + 3 nipis + 3 lemon	15 cm	1.43 mA
4	3 jahe + 3 nipis + 3 belimbing wuluh	15 cm	4.62 mA



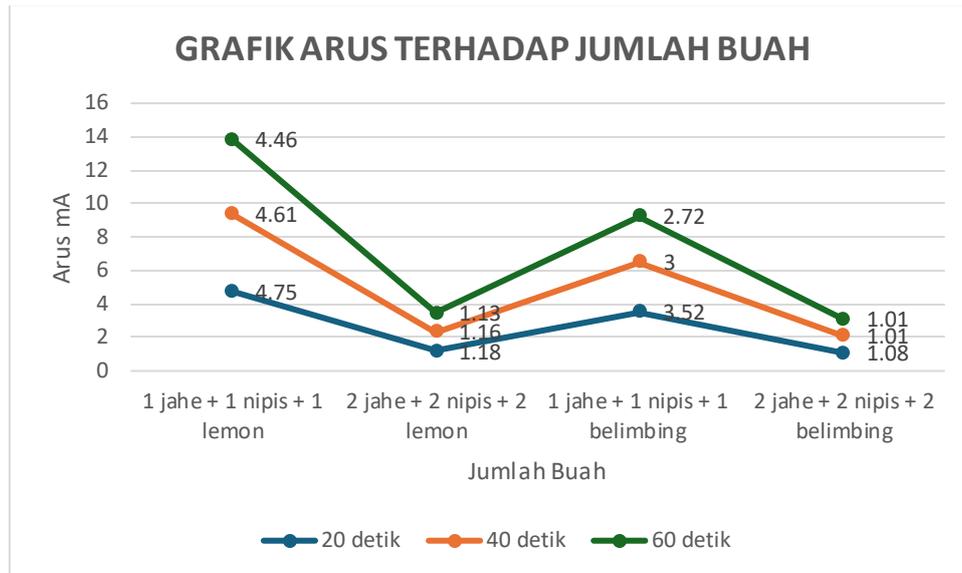
Hasil menunjukkan bahwa kombinasi buah dengan kadar keasaman tinggi seperti belimbing wuluh dan lemon menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Rangkaian 4 (jahe + nipis + belimbing wuluh) menghasilkan arus tertinggi sebesar 4,62 mA, jauh lebih besar dibandingkan kombinasi jahe + nipis (0,46 mA). Kandungan asam (pH rendah) diduga meningkatkan ketersediaan ion  $H^+$  yang mempercepat reaksi redoks.

## 2. Pengaruh Jumlah Buah dan Waktu terhadap Arus Listrik

Tabel 2. Data Arus Listrik pada Variasi Waktu Pengamatan

Catatan: Belimbing wuluh yang digunakan sudah matang

Rangkaian	Komposisi Buah	Panjang kabel	20 second	40 second	60 second
1	1 jahe + 1 nipis + 1 lemon	15 cm	4.75	4.61	4.46
2	2 jahe + 2 nipis + 2 lemon	15 cm	1.18	1.16	1.13
3	1 jahe + 1 nipis + 1 belimbing	15 cm	3.52	3.00	2.72
4	2 jahe + 2 nipis + 2 belimbing	15 cm	1.08	1.01	1.01



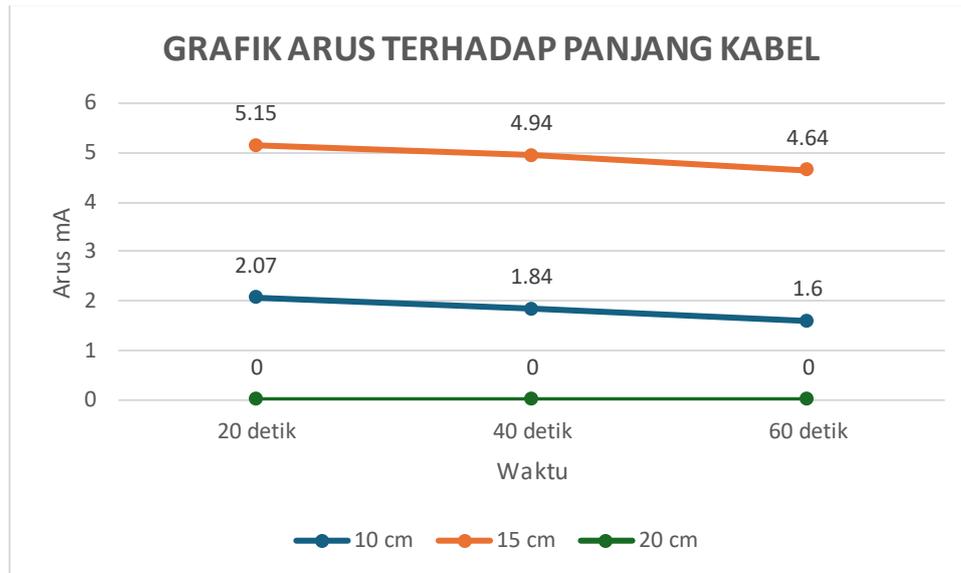
Konfigurasi dengan jumlah buah lebih sedikit (1 per jenis) cenderung menghasilkan arus lebih besar. Rangkaian 1 (1 jahe + 1 nipis + 1 lemon) menghasilkan arus 4,75 mA pada detik ke-20, sementara kombinasi dua buah hanya menghasilkan 1,18 mA. Kemungkinan, penggunaan buah yang lebih banyak memperbesar jarak antar-elektroda dan menambah resistansi internal.

Penurunan arus dari waktu ke waktu juga konsisten diamati, mendukung temuan Saqila et al. (2024) bahwa sistem elektrolit alami dari buah menunjukkan penurunan daya ionik dalam waktu singkat.

### 3. Pengaruh Panjang Kabel terhadap Arus Listrik

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus Listrik Berdasarkan Variasi Panjang Kabel Penghubung.

Rangkaian	Jumlah Buah	Panjang Kabel	20 second	40 second	60 second
1	2 jahe + 2 nipis + 2 belimbing	10 cm	2,07	1,84	1,60
2	2 jahe + 2 nipis + 2 belimbing	15 cm	5,15	4,94	4,64
3	2 jahe + 2 nipis + 2 belimbing	20 cm	0	0	0



Panjang kabel sangat memengaruhi hasil. Kabel 15 cm menghasilkan arus tertinggi (5,15 mA), lebih besar daripada 10 cm (2,07 mA), sementara kabel 20 cm tidak menghasilkan arus sama sekali. Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas arus tidak hanya dipengaruhi oleh panjang kabel secara teoritis, tetapi juga oleh stabilitas koneksi fisik dan konfigurasi antarbuah dalam rangkaian.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Rustiani et al. (2023) yang menunjukkan bahwa resistansi kawat meningkat secara signifikan seiring bertambahnya panjang, baik pada kawat konstan maupun nichrome. Menurut mereka, resistansi berbanding lurus dengan panjang kawat berdasarkan persamaan  $R = \rho \frac{L}{A}$ , dan hal ini berdampak langsung pada penurunan arus listrik dalam rangkaian. Penelitian Saqila et al. juga menekankan pentingnya faktor mekanis seperti tekanan dan sambungan antarbuah dalam menentukan hasil pengukuran.

Menariknya, meskipun jumlah buah yang digunakan dalam percobaan kedua lebih sedikit, arus yang dihasilkan justru mendekati atau bahkan melampaui hasil percobaan pertama yang menggunakan lebih banyak buah. Pada percobaan pertama (Tabel 1), kombinasi 3 lemon + 3 belimbing wuluh belum matang menghasilkan arus sebesar 3,64 mA, sedangkan pada percobaan kedua (Tabel 2), kombinasi 1 jahe + 1 nipis + 1 belimbing wuluh matang menghasilkan arus sebesar 3,52 mA pada detik ke-20. Hal ini menunjukkan bahwa belimbing wuluh yang sudah matang mampu menghasilkan arus hampir setara dengan jumlah tiga kali lipat buah belum matang, yang mengindikasikan adanya peningkatan efisiensi elektrolit seiring kematangan buah.

Efisiensi ini dapat dijelaskan oleh perubahan fisiologis yang terjadi saat proses pematangan. Buah matang memiliki struktur jaringan yang lebih lunak dan kandungan air yang lebih tinggi, sehingga pergerakan ion dalam larutan elektrolit alami menjadi lebih mudah. Selain itu, proses pematangan menyebabkan penurunan kadar asam dan peningkatan kandungan gula larut, yang berdampak pada naiknya rasio Total Soluble Solids (TSS) terhadap keasaman. Rasio ini digunakan sebagai indikator kualitas elektrolit dalam buah.

Hasil ini selaras dengan penelitian di bidang horticulture yang menunjukkan bahwa buah matang mengalami pelunakan jaringan sel dan peningkatan kandungan gula (TSS). Misalnya, Baihaqi & Fridayati (2025) melaporkan bahwa tomat yang matang memiliki TSS hingga 4,73 °Brix dan penurunan kekerasan struktural, mempermudah pergerakan ion dalam larutan alami.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa buah-buahan dengan kandungan asam tinggi, seperti belimbing wuluh dan lemon, memiliki potensi besar sebagai elektrolit alami dalam menghasilkan arus listrik melalui sel elektrokimia. Kombinasi buah yang tepat dapat memberikan perbedaan signifikan dalam daya hantar arus, di mana buah yang lebih matang terbukti memberikan efisiensi lebih tinggi, kemungkinan karena distribusi elektrolit yang lebih merata dan jaringan buah yang lebih lunak. Temuan ini memberikan wawasan bahwa bukan hanya jenis buah, tetapi juga tingkat kematangan memengaruhi performa sistem bio-battery. Selain itu, penggunaan jumlah buah yang lebih sedikit justru menghasilkan arus yang lebih besar, mengindikasikan bahwa efisiensi ionisasi lebih baik tercapai saat volume elektrolit tidak terlalu besar dalam satu rangkaian. Panjang kabel juga terbukti memainkan peran penting, di mana kabel 15 cm menjadi panjang paling optimal untuk menghantarkan arus tanpa kehilangan kestabilan kontak antar buah. Penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan sistem bio-battery tidak hanya ditentukan oleh faktor kimiawi buah, tetapi juga oleh aspek mekanis dan konfigurasi fisik rangkaian secara keseluruhan.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar penelitian mencakup lebih banyak variasi tingkat kematangan buah yang diukur secara objektif melalui nilai pH atau kandungan TSS, serta penggunaan kabel dengan material berbeda untuk membandingkan konduktivitas yang lebih luas. Selain itu, pemanfaatan sistem ini sebagai media pembelajaran kontekstual dalam pembahasan energi terbarukan di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi patut dijadikan fokus pengembangan berikutnya, mengingat aplikasinya yang sederhana, murah, dan mampu mengintegrasikan sains dengan praktik nyata di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. I. (2023). Potensi sumber energi alternatif dalam mendukung kelistrikan nasional. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2, 892–897.
- Baihaqi, D. F. (2025). Analisis warna, TSS dan kekerasan tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) pada tingkat kematangan berbeda. *Jurnal Minfo Polgan*, 13.
- Dwi, A. A. (2022). Strategi pengembangan agrowisata kebun belimbing Ngringinrejo, Kecamatan Kalitidu, Kabupaten Bojonegoro dalam menghadapi krisis pandemi COVID-19. *Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 2, 1495–1508.
- Fermi, E., & Rahayu, A. R. (2024). Pemanfaatan jeruk lemon (*Citrus limon*) dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai media elektrolit untuk menghasilkan tegangan listrik. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 5(2714–5425).
- Kasli, E., & Rahmawati, V. R. (2020). Analisis nilai hambatan jenis aluminium berdasarkan panjang kawat yang berbeda. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi (JPFT)*, 6.
- Kiswari, L., & Rahmawati, R. R. (2020). Kandungan muatan listrik pada buah dan sayur. *JRFES (Jurnal Riset Fisika Edukasi dan Sains)*, 7, 142–146.
- Mahroni, D. S. (2024). Energi baru terbarukan dalam pembangunan yang berkelanjutan dan pemanfaatan energi terbarukan. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 2, 66–76.
- Maro'ah, S., & Hidayat, B. (2021). Status kesuburan tanah sebagai dasar strategi pengelolaan lahan sawah di Kabupaten Bantul. *AgriHealth: Journal of Agri-food, Nutrition and Public Health*, 1, 78–87.
- Pujjarini, N., & Sudarti, S. (2023). Potensi energi listrik dan tingkat keasaman pada buah jeruk nipis dan belimbing wuluh. *Jurnal Fisika dan Terapannya (JFT)*, 8(1).
- Rustiani, E. A., & Rahayu, R. R. (2023). The effect of constant and nichrome wire length on the large of converting resistance. *Edu Fisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 148–153.
- Saputro, U. M. A. (2024). Pengaruh uji kelistrikan sel volta buah belimbing (*Averrhoa carambola*) dengan luasan elektroda 6 cm<sup>2</sup> sebagai solusi energi alternatif ramah lingkungan. *JPSP: Jurnal Penelitian Sains dan Pendidikan*.

- Saqila, M. S. (2024). Analisis perbandingan jahe dan jeruk nipis dalam menghasilkan tegangan dan arus sebagai alternatif sumber listrik. *Jurnal J-ChemEng*, 4, 55–62.
- Sari, L. F., Rahmawati, A., & Wahyuni, I. D. (2023). Perbandingan tegangan dan kuat arus listrik pada sifat asam buah nanas dan jeruk. *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 121–127.
- Setiawan, R., & Elvina, S. E. (2023). Pemanfaatan logam tembaga dan seng sebagai sel volta dalam media limbah buah-buahan. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 5.
- Sulaiman, D. R. (2020). Analisis karakteristik kelistrikan campuran belimbing wuluh dan jeruk lemon sebagai sumber listrik. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 8(2), 189–194.