



**POTENSI *Bacillus licheniformis* strain Nam 2-2 DALAM PRODUKSI BIOLISTRIK
PADA VARIASI pH**

Silvi Tamara¹, Irdawati², Linda Advinda³, Elsa Yuniarti⁴

Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Corresponding author E-mail: irdawati.amor40@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.30605/55fxme08>

Accepted : Approved :19 April 2026 Published : 20 April 2026

Abstract

The increasing global energy demand has encouraged the development of sustainable alternative energy sources such as Microbial Fuel Cells (MFCs). This study aimed to determine the optimum pH for bioelectricity production using *Bacillus licheniformis* strain Nam 2-2 in a dual-chamber MFC system. The experiment employed a completely randomized design with pH variations of 7, 7.5, and 8. Voltage output was measured every 2 hours over a 24-hour incubation period. The results showed that bioelectricity production increased over time, reached a peak at 16–20 hours, and then declined. The highest voltage was observed at pH 7.5, reaching 0.782 mV, followed by pH 8 (0.758 mV) and pH 7 (0.748 mV). These findings indicate that slightly alkaline conditions are more favorable for microbial activity and electron transfer efficiency. Therefore, pH optimization is essential to improve MFC performance and supports its potential as a renewable energy source.

Keywords : Microbial Fuel Cell, bioelectricity, pH, *Bacillus licheniformis*, renewable energy

PENDAHULUAN

Krisis energi global menjadi tantangan yang dihadapi berbagai negara, termasuk Indonesia, akibat meningkatnya kebutuhan listrik setiap tahun. Konsumsi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan industri (Solikah, 2024). Sementara itu, pasokan energi masih didominasi oleh bahan bakar fosil yang semakin menipis (Nugraha et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan.

Salah satu teknologi yang berpotensi dikembangkan adalah Microbial Fuel Cell (MFC), yaitu sistem yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan energi listrik melalui proses metabolisme (Rahimnejad et al., 2015). Teknologi ini bekerja berdasarkan aktivitas mikroba dalam mentransfer elektron ke elektroda (Logan et al., 2006). Bakteri termofilik seperti *Bacillus licheniformis* memiliki potensi dalam sistem ini karena mampu hidup pada kondisi ekstrem (Kaoplod & Chaijak, 2022). Selain itu, bakteri termofilik memiliki kemampuan transfer elektron yang baik dalam sistem bioelektrokimia (Irdawati et al., 2023).

Selain jenis mikroorganisme, faktor pH juga berpengaruh terhadap kinerja MFC karena mempengaruhi aktivitas mikroba dan efisiensi transfer elektron (Chong et al., 2025). Kondisi pH netral diketahui sebagai kondisi optimum dalam produksi biolistrik, seperti pada pH 7 yang menghasilkan tegangan tinggi (Suherman, 2024). Faktor lain seperti jenis substrat juga berpengaruh terhadap efisiensi sistem MFC dalam menghasilkan energi listrik (Pant et al., 2010). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi pH

terhadap kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) berbasis *Bacillus licheniformis* serta menentukan pH optimum dalam menghasilkan energi listrik.

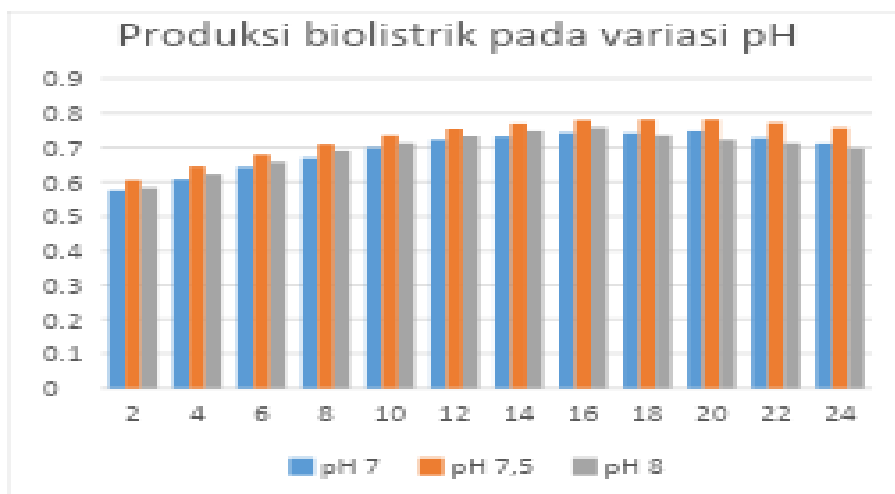
METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan variasi pH yaitu 7; 7,5; dan 8. Bakteri yang digunakan adalah *Bacillus licheniformis* strain Nam 2-2 yang berasal dari sumber air panas Mudiak Sapan. Isolasi *B. licheniformis* dilakukan melalui pengenceran bertingkat, penanaman pada media Nutrient Agar, dan pemurnian koloni sebelum digunakan dalam sistem MFC.

Sistem yang digunakan adalah Microbial Fuel Cell (MFC) tipe dual chamber yang terdiri dari ruang anoda dan katoda yang dihubungkan oleh jembatan garam. Setiap perlakuan diulang tiga kali dengan inkubasi selama 24 jam. Produksi biolistrik diukur menggunakan multimeter digital setiap 2 jam selama 24 jam dalam satuan miliVolt (mV). Data dianalisis secara deskriptif menggunakan Microsoft Excel dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL PENELITIAN

Pengamatan terhadap produksi biolistrik yang dihasilkan oleh *B. licheniformis strain Nam 2-2* dilakukan setiap 2 jam sekali selama 24 jam pada sistem MFC dengan variasi pH. Nilai tegangan listrik yang dihasilkan pada setiap interval waktu pengukuran dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Produksi Biolistrik oleh *B. licheniformis* selama 24 jam

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa produksi biolistrik pada semua variasi pH (7; 7,5; dan 8) mengalami peningkatan seiring waktu inkubasi, kemudian mencapai puncak, dan selanjutnya mengalami penurunan hingga akhir pengamatan. Pada awal inkubasi (2 jam), tegangan listrik masih relatif rendah, yaitu 0,575 mV (pH 7), 0,605 mV (pH 7,5), dan 0,583 mV (pH 8).

Tegangan maksimum terjadi pada kisaran waktu 16–20 jam, yang menunjukkan fase optimum aktivitas mikroorganisme dalam sistem MFC. Nilai tertinggi diperoleh pada pH 7,5 sebesar 0,782 mV pada jam ke-18 dan ke-20, diikuti oleh pH 8 sebesar 0,758 mV pada jam ke-16, serta pH 7 sebesar 0,748 mV pada jam ke-20. Setelah mencapai puncak, tegangan listrik mengalami penurunan hingga akhir pengamatan (24 jam). Secara keseluruhan, pH 7,5 menunjukkan kinerja terbaik dalam menghasilkan biolistrik, sehingga dapat dikategorikan sebagai kondisi optimum dalam sistem MFC berbasis *B. licheniformis*.

Pola peningkatan tegangan listrik yang diamati menunjukkan bahwa aktivitas metabolisme mikroorganisme berlangsung secara bertahap hingga mencapai kondisi optimum. Pada fase awal, tegangan yang rendah mengindikasikan bahwa mikroorganisme masih berada pada fase adaptasi (lag phase), sehingga proses transfer elektron ke anoda belum berlangsung secara efisien (Rahimnejad et al., 2015). Seiring waktu, mikroorganisme memasuki fase eksponensial yang ditandai dengan peningkatan jumlah sel aktif dan aktivitas metabolisme. Kondisi ini meningkatkan intensitas reaksi oksidasi substrat

dan mempercepat transfer elektron ke elektroda (Logan et al., 2006).

Perbedaan tegangan listrik pada setiap variasi pH menunjukkan bahwa pH merupakan faktor kunci dalam menentukan kinerja sistem MFC. Nilai optimum pada pH 7,5 menunjukkan bahwa kondisi sedikit basa lebih mendukung aktivitas metabolik *Bacillus licheniformis* dibandingkan kondisi netral maupun basa kuat (Chong et al., 2025). Secara mekanistik, pH mempengaruhi struktur dan stabilitas enzim yang terlibat dalam jalur metabolisme. Selain itu, perubahan pH juga memengaruhi efisiensi transfer elektron melalui perubahan potensial redoks dalam sistem bioelektrokimia (Kaoplod & Chaijak, 2022).

Puncak tegangan pada rentang waktu 16–20 jam menunjukkan bahwa sistem berada pada kondisi keseimbangan antara ketersediaan substrat dan aktivitas mikroorganisme. Pada fase ini, degradasi substrat berlangsung maksimal sehingga menghasilkan suplai elektron yang stabil menuju elektroda (Kaoplod & Chaijak, 2022). Penurunan tegangan setelah fase optimum menunjukkan adanya keterbatasan sistem yang mulai muncul. Kondisi ini disebabkan oleh berkurangnya substrat serta akumulasi produk metabolik yang bersifat inhibitif terhadap aktivitas mikroorganisme (Pant et al., 2010).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pH netral hingga sedikit basa merupakan kondisi optimum dalam produksi biolistrik. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pH netral menghasilkan tegangan listrik optimal dalam sistem MFC (Suherman, 2024). Namun, dalam penelitian ini terjadi pergeseran nilai

optimum ke pH 7,5 yang menunjukkan adanya pengaruh spesifik dari strain yang digunakan. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa respons mikroorganisme terhadap pH bersifat spesifik dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta karakteristik fisiologis bakteri (Irdawati et al., 2023).

Secara konseptual, hasil penelitian ini memperkuat bahwa teknologi MFC merupakan sistem konversi energi berbasis bioelektrokimia yang potensial. Sistem ini mampu mengubah energi kimia dari substrat organik menjadi energi listrik melalui aktivitas mikroorganisme (Octaviani et al., 2024). Selain itu, pemanfaatan limbah organik sebagai substrat memberikan nilai tambah dalam aspek keberlanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa MFC memiliki potensi ganda sebagai teknologi energi alternatif sekaligus pengolahan limbah (Pant et al., 2010).

Dalam konteks yang lebih luas, pengembangan MFC menjadi semakin relevan di tengah meningkatnya kebutuhan energi dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Teknologi ini menawarkan solusi energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mendukung ketahanan energi nasional (Nugraha et al., 2020). Namun demikian, optimalisasi parameter operasional masih menjadi tantangan utama dalam pengembangan MFC. Oleh karena itu, pengaturan kondisi seperti pH, jenis substrat, dan lingkungan sistem menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi produksi listrik (Rahmaniah et al., 2020).

SIMPULAN DAN SARAN

Variasi pH mempengaruhi produksi biolistrik pada sistem Microbial Fuel Cell (MFC), dengan pH 7,5 menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 0,782 mV pada jam ke-18–20, dibandingkan pH 8 (0,758 mV) dan pH 7 (0,748 mV). Produksi listrik meningkat hingga fase optimum (16–20 jam) kemudian menurun akibat berkurangnya aktivitas mikroba. Disarankan penelitian selanjutnya mengoptimalkan faktor lain seperti substrat, suhu, dan durasi inkubasi untuk meningkatkan efisiensi serta pengembangan MFC sebagai energi alternatif. Penelitian ini memberikan manfaat bagi dunia industri sebagai dasar pengembangan teknologi MFC dalam menghasilkan energi listrik ramah lingkungan sekaligus mendukung pengolahan limbah industri secara lebih efisien melalui pendekatan bioelektrokimia.

DAFTAR RUJUKAN

- Chong, P. L., Chuah, J. H., Chow, C. O., & Ng, P. K. (2025). Plant Microbial Fuel Cells: A Comprehensive Review of Influential Factors, Innovative Configurations, Diverse Applications, Persistent Challenges, and Promising Prospects. *International Journal of Green Energy*, 22(3), 599–648.
- Irdawati, I., Darussyamsu, R., & Fitri, R. (2023). Potensi bakteri termofilik dalam produksi energi alternatif berbasis bioelektrokimia. *Jurnal Bioteknologi Indonesia*, 18(2), 85–92.
- Kaoplod, W., & Chaijak, P. (2022). Electricity Generation in Cellulose-Fed Microbial Fuel Cell Using Thermophilic Bacterium, *Bacillus sp.* WK21. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 50(1), 122–125.
- Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., Aeltermann, P., Verstraete, W., & Rabaey, K. (2006). Microbial fuel cells: Methodology and technology. *Environmental Science & Technology*, 40(17), 5181–5192.
- Nugraha, H. W., Djajakirana, G., Anwar, S., & Santosa, D. A. (2020). Producing Renewable Electric Energy Through a Microbial Fuel Cell in The Rice Field. *Biodiversitas*, 21(9), 4139–4146.
- Octaviani, N. F., Kartika, N., & Hafsari, A. R. (2024). Microbial fuel cell (MFC) by electroactive bacteria as a renewable electrical energy source in Indonesia. *Indonesian Journal of Environmental Sustainability*, 1(2), 105–113.
- Pant, D., Van Bogaert, G., Diels, L., & Vanbroekhoven, K. (2010). A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology*, 101(6), 1533–1543.
- Rahimnejad, M., Adhami, A., Darvari, S., Zirepour, A., & Oh, S. E. (2015). Microbial fuel cell as new

- technology for bioelectricity generation: A review. *Alexandria Engineering Journal*, 54(3), 745–756.
- Rahmaniah, R., Ardi, S. B., & Fuadi, N. (2020). Aplikasi teknologi microbial fuel cell (MFC) untuk menentukan energi listrik substrat batang sagu. *Teknosains*, 14(2), 172–175.
- Suherman, A. (2024). Optimasi pH pada microbial fuel cell untuk produksi listrik. *Jurnal Teknik Lingkungan Indonesia*.
- Solikhah, S. (2024). Analisis konsumsi energi listrik di Indonesia berdasarkan pertumbuhan industri dan penduduk. *Jurnal Energi Nasional*.