



**APLIKASI PENGGUNAAN BIOLISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH MIKROBA
Bacillus licheniformis strain NA14 PADA LAMPU LED**

¹Chetiarahmi, ²Irdawati

Universitas Negeri Padang, Indonesia

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

DOI : <https://doi.org/10.30605/t4pqt35>

Accepted : 10 April 2026 Approved : 28 April 2026 Published : 29 April 2026

Abstrak

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan sumber energi alternatif, salah satunya melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan produksi energi listrik oleh bakteri termofilik *Bacillus licheniformis* strain NA14 dari sumber air panas Mudiak Sapan serta pengaplikasiannya dalam menyalakan lampu LED sebagai indikator biolistrik. Penelitian ini bersifat deskriptif dan dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Negeri Padang pada Oktober 2025 hingga Februari 2026. Sistem MFC yang digunakan berupa bioreaktor *dual chamber* dengan rangkaian seri tiga menggunakan elektroda zink sebagai anoda dan tembaga sebagai katoda, serta jembatan garam sebagai penghubung. Medium yang digunakan adalah *Broth Thermophilic Medium* (BTM) yang diinokulasikan dengan isolat bakteri termofilik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem MFC mampu menghasilkan tegangan sebesar 2,60 V sehingga dapat menyalakan lampu LED. Intensitas nyala LED dipengaruhi oleh aktivitas elektrogenik bakteri dalam mengoksidasi senyawa organik dan mentransfer elektron ke anoda. Selain itu, aktivitas enzimatis seperti xilanase serta pola pertumbuhan bakteri pada fase eksponensial dan stasioner turut mendukung peningkatan produksi listrik. Dengan demikian, *Bacillus licheniformis* strain NA14 berpotensi sebagai bioelectricigens dalam pengembangan teknologi MFC sebagai sumber energi alternatif.

Kata Kunci: *Microbial Fuel Cell, Bakteri termofilik, Bacillus licheniformis, Bioelectricigens, LED*

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap energi akan terus meningkat seiring dengan berlangsungnya kehidupan (Kholiq, 2015). Salah satunya energi listrik yang merupakan energi paling penting dalam kehidupan manusia. Listrik merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas hidup dan menjadi penggerak perekonomian negara (Hakimah, 2019). Di tengah krisisnya energi saat ini maka diperlukannya diversifikasi energi dengan mengembangkan sumber energi lainnya seperti bioenergi sebagai energi alternatif (Kholiq, 2015) seperti *Microbial Fuel Cell*. *Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan sistem bioelektrokimia yang memanfaatkan mikroba untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Mikroba ini dikenal sebagai *bioelectrigens*, karena dapat memanfaatkan substrat organik, mengoksidasinya dan menghasilkan elektron dan arus listrik (Apriansa & Irdawati, 2025; Wang *et al.*, 2022). *Bioelectricigens* merujuk pada kemampuan bakteri yang disebut sebagai *exoelectrogenic* atau *exoelectrogens*. Bakteri *exoelectrigens* merupakan kelompok baktei yang menghasilkan energi listrik dengan oksidasi bahan organik dan mentransfer elektron pada reseptor elektron ekstraseluler selnya (Guang *et al.*, 2020) salah satunya bakteri termofilik.

Bakteri termofilik merupakan mikroba yang dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan ekstrem atau suhu tinggi sekitar 45°C - 80°C. Bakteri termofilik memiliki habitat yang bermacam-macam seperti pada letupan hidrothermal, sumber air panas, tumpukan kompos atau pemanasan air (Nuritasari *et al.*, 2017) pada pH asam dan hidup di perairan yang banyak mengandung belerang (Indah Sutiknowati, 2018).

Karakteristik pertumbuhan ini menjadikan bakteri termofilik berpotensi besar sebagai *bioelectrigens* dalam sistem MFC, karena tidak hanya mendukung konversi energi yang efisien, tetapi juga mampu mengurangi risiko kontaminasi mikroba lain yang umumnya terjadi pada sistem mesofilik (Khoirunnisa & Indriyani, 2018; Vieillie & Zeikus, 2001 dalam Rakhmawati *et al.*, 2014).

Penelitian (Irdawati *et al.*, 2019) menemukan bakteri termofilik pada sumber air panas Mudiak Sapan dengan suhu air sekitar 93°C yaitu *Bacillus licheniformis strain* NA14

yang diidentifikasi dapat menghasilkan energi listrik. Uthami & Irdawati 2024 melakukan penelitian dengan menggunakan monokultur bakteri termofilik dari sumber air panas Mudiak Sapan, isolat MS-9 yang menghasilkan tegangan listrik tertinggi sekitar 0,7075V pada jam ke-20.

Pengaplikasian sistem *Microbial Fuel Cell* dengan indikator lampu LED telah banyak dilakukan untuk menunjukkan kemampuan produksi listrik secara langsung. Jude dan Jude (2015) membuktikan bahwa LED dapat menyala ketika tegangan melebihi ambang minimum 0,35 V, sementara Bose dan Bose (2017) melaporkan tegangan maksimum 1,54 V dengan daya puncak 0,99 mW. Imologie *et al.* (2019) menunjukkan bahwa penggunaan hacker board dan kapasitor memungkinkan LED mulai berkedip setelah 30 jam pada tegangan 343 mV, dengan frekuensi kedipan yang meningkat seiring waktu, menandakan peningkatan produksi energi. Sementara itu, Rumora *et al.* (2024) juga mengembangkan sistem serupa dengan konverter daya yang mampu meningkatkan tegangan hingga 2,4 V dan menghasilkan daya maksimum 161 μ W. Keempat penelitian tersebut umumnya menggunakan tanah sebagai sumbermikroba, yang secara teoretis cukup untuk menyalakan LED berdaya rendah. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa MFC memiliki potensi signifikan sebagai sumber bioenergi, terutama jika dikombinasikan dengan isolat bakteri elektrogenik unggul.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji produksi energi listrik yang dihasilkan oleh bakteri termofilik *bioelectricigens*, khususnya *Bacillus licheniformis strain* NA14 dari sumber air panas Mudiak Sapan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengaplikasian biolistrik yang dihasilkan oleh mikroba tersebut dalam menyalakan lampu LED sebagai indikator kemampuan produksi energi listrik pada sistem MFC.

METODE

Penelitian dilakukan dari bulan Oktober 2025 sampai Februari 2026 di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Jenis penelitian yang dilakukan bersifat deskriptif. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Gelas ukur, *beaker glass*, tabung reaksi, rak tabung reaksi,

erlenmeyer, lampu bunsen, spatula, *vortex*, *magnetic stirrer*, timbangan digital, jarum ose, *hot plate*, *oven*, pipet tetes, *autoclave*, *shaker incubator*, lemari pendingin, *petridish*, label, mikropipet, *incubator*, elektroda (plat zinc dan plat tembaga), kabel jepit buaya, botol kaca, multimeter digital, tali sumbu, lakban hitam, pipa PVC, lampu LED merah dengan tegangan 1,8 – 2,3 Volt, *Blinker board* dan kabel jumper.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, isolat bakteri termofilik *B. licheniformis strain* NA14 yang berasal dari sumber air panas Mudiak Sapan, yang merupakan isolat koleksi Dr. Irdawati, M.Si dari laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNP, bubuk medium NA, label, plastik kaca, toples, *aquades*, *aluminium foil*, kapas, tisu, alkohol 70%, medium BTM cair dengan komposisi ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$, K_2HPO_4 , $(NH_4)_2SO_4$, NaCl, *yeast extract*, pepton dan glukosa), NaOH 3N dan lem pipa PVC.

Seluruh peralatan yang digunakan dalam penelitian terlebih dahulu disterilisasi untuk mencegah kontaminasi. Peralatan berbahan kaca yang telah dicuci dan dikeringkan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi, sedangkan peralatan plastik disterilisasi menggunakan alkohol 70%. Adapun peralatan logam seperti jarum ose dan pinset disterilisasi dengan cara dipijarkan hingga memerah sebelum digunakan.

Pembuatan medium NA untuk agar miring dilakukan dengan menimbang 10 g bubuk NA, kemudian dilarutkan dalam akuades hingga volume 500 mL dan dipanaskan hingga homogen. Medium selanjutnya didistribusikan ke dalam tabung reaksi masing-masing 10 mL, ditutup dengan kapas dan aluminium foil, lalu disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi selama 15 menit. Setelah itu, medium didinginkan hingga mengeras dan siap digunakan untuk regenerasi isolat bakteri.

Sementara itu, medium cair *Broth Thermophilic Medium* (BTM) disiapkan dengan komposisi 0,01% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,1%

K_2HPO_4 , 0,35% $(NH_4)_2SO_4$, 0,1% NaCl, 0,05% *yeast extract*, 0,05% pepton, dan 6% glukosa, kemudian dilarutkan dalam akuades hingga 1000 mL. Larutan dipanaskan hingga homogen dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi selama 15 menit, sehingga siap digunakan sebagai media pertumbuhan bakteri termofilik *bioelectricigens*.

Biakan bakteri *B. licheniformis strain* NA14 diambil menggunakan jarum ose, lalu diinokulasikan ke dalam medium agar miring. Kemudian diinkubasi pada inkubator dengan suhu 50°C selama 3-5 hari hingga bakteri tumbuh. Persiapan Bioreaktor MFC dengan Lampu LED menggunakan toples plastik ukuran 200 mL yang terdiri dari jembatan garam yang dibuat dari sumbu kompor yang direndam dalam larutan NaCl panas dan dikeringkan pada suhu 50°C dan dimasukkan ke dalam pipa PVC sebagai penghubung kedua kompartemen.

Kompartemen anoda berisi *Broth Thermophilic Medium* (BTM) dengan bakteri termofilik dan kompartemen katoda berisi akuades. Elektroda yang digunakan adalah zink (Zn) sebagai anoda dan tembaga (Cu) sebagai katoda yang keduanya berukuran 2 x 5 cm, yang dihubungkan oleh penjepit buaya ke kabel jumper untuk dialirkan ke dalam *blinker board* yang telah di pasang lampu LED.

Pengamatan dilakukan pada jam puncak yaitu jam ke 20 dari 24 jam untuk melihat apakah Bakteri *Bacillus licheniformis strain* NA14 mampu menghidupkan lampu LED dengan voltase 1,8-2,3 dengan rangkaian seri 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian mengenai pengaplikasian lampu LED *Microbial Fuel Cell* rangkaian seri 3 dengan isolat monokultur bakteri termofilik *bioelectricigens*, menunjukkan adanya intensitas nyala LED pada sistem *Microbial Fuel Cell* dengan isolat bakteri termofilik *B. licheniformis strain* NA14



Gambar 1. Pengaplikasian Lampu LED pada MFC dengan Isolat monokultur *B. licheniformis strain NA14*



Gambar 2. Pengukuran Voltase pada sistem MFCisolat bakteri *B. licheniformis strain NA14* dengan rangkaian seri 3

Pembahasan

Pada pengaplikasian ini digunakan rangkai seri 3, dikarenakan setiap unit *Microbial Fuel Cell* (MFC) hanya menghasilkan tegangan listrik yang relatif rendah. Oleh karena itu, diperlukan penggabungan beberapa unit sistem MFC untuk memperoleh tegangan yang lebih tinggi. Penyusunan secara seri memungkinkan terjadinya akumulasi voltase dari masing-masing unit, sehingga tegangan yang dihasilkan cukup untuk mengalirkan elektron melalui rangkaian eksternal.

Hasil pengukuran pada Gambar 2 menunjukkan bahwa rangkaian seri tiga unit MFC menghasilkan tegangan sebesar 2,60 Volt. Nilai ini telah melampaui tegangan minimum yang dibutuhkan untuk mengoperasikan lampu LED merah, yaitu sekitar 1,8–2,3 Volt. Dengan demikian, lampu LED dapat menyala dengan terang (Gambar 1), yang mengindikasikan bahwa sistem MFC yang dirangkai secara seri mampu menghasilkan energi listrik yang efektif untuk menghidupkan beban sederhana.

Intensitas cahaya lampu LED pada sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) dipengaruhi oleh produksi listrik yang dihasilkan oleh proses

oksidasi senyawa organik oleh bakteri. Di mana bakteri yang berperan dalam medium organik adalah bakteri fermentatif dan bakteri elektrogenik. Bakteri fermentatif akan mengubah bahan organik dalam medium menjadi molekul kecil yang sederhana dan hasil dari perubahan tersebut dapat dioksidasi sepenuhnya oleh bakteri elektrogenik (Wu *et al.*, 2017).

Proses oksidasi bahan organik berlangsung dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen) dan akan menghasilkan elektron yang ditransfer ke anoda untuk menghasilkan listrik, sementara proton bermigrasi ke katoda melalui medium (Xu & He, 2015; Rumora *et al.*, 2023). Setiap elektron yang dihasilkan sebagai arus listrik diikuti oleh pembentukan satu proton. Proses biodegradasi ini menghasilkan senyawa organik seperti selobiosa dan glukosa yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri elektrogenik untuk meningkatkan transfer elektron ke anoda (Rumora *et al.*, 2024). Pada tahap awal, aktivitas elektrogenik bergantung pada oksidasi bahan organik alami, tetapi seiring waktu sumber tersebut berkurang. Selain itu, faktor seperti jarak elektroda dan penambahan substrat organik eksternal juga dapat meningkatkan

kinerja sistem. Karakteristik substrat, seperti kandungan bahan organik, kadar air, serta komposisi kimia dan fisik, turut menentukan tingkat produksi listrik (Uria *et al.*, 2022). Produksi listrik kembali meningkat ketika mikroorganisme lain menghasilkan metabolit seperti asam organik yang dapat dimanfaatkan sebagai donor elektron (Dunaj *et al.*, 2012).

Elektron yang mengalir melalui rangkaian eksternal menghasilkan arus listrik yang kemudian digunakan untuk menyalakan LED, sehingga intensitas nyala LED menjadi indikator dari aktivitas elektrogenik dalam sistem MFC. Isolat *A. thermoaerophilus strain AFNA1* menunjukkan nyala paling terang dibandingkan isolat lainnya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan elektrogenik yang lebih tinggi, sehingga isolat ini mampu menghasilkan dan mentransfer elektron ke anoda secara lebih efisien (Cheng *et al.*, 2006) Efisiensi tersebut berkaitan dengan aktivitas metabolisme yang optimal dalam mengoksidasi senyawa organik dan menghasilkan arus listrik yang lebih besar (Palikaras *et al.*, 2015), serta berdampak langsung pada peningkatan intensitas cahaya LED.

Selain itu, isolat ini diduga memiliki kemampuan produksi enzim seperti xilanase, yang berperan dalam mendegradasi senyawa kompleks seperti hemiselulosa menjadi molekul yang lebih sederhana. Hasil degradasi tersebut kemudian dimanfaatkan sebagai substrat oleh bakteri elektrogenik untuk proses oksidasi lebih lanjut, sehingga meningkatkan ketersediaan elektron dalam sistem (Yegi, 2023). Dengan demikian, aktivitas enzimatik yang tinggi turut mendukung peningkatan efisiensi produksi listrik.

Faktor lain yang berkontribusi adalah pola pertumbuhan bakteri yang menunjukkan performa optimal. Isolat *A. thermoaerophilus strain AFNA1* memiliki fase eksponensial yang stabil dan fase stasioner yang mampu mempertahankan aktivitas metabolik lebih lama dibandingkan isolat lainnya. Hal ini memungkinkan proses transfer elektron berlangsung secara konsisten dalam jangka waktu lebih panjang. Kombinasi antara kemampuan elektrogenik yang tinggi, aktivitas enzimatik yang efektif, serta pola pertumbuhan yang optimal menjadikan isolat ini mampu menghasilkan intensitas cahaya LED paling terang dalam sistem MFC.

SIMPULAN DAN SARAN

Isolat bakteri termofilik *Bacillus licheniformis strain NA14* dari sumber air panas Mudiak Sapan, menunjukkan kemampuan elektrogenik yang baik dengan sistem MFC rangkai seri 3, dilihat dari voltase yang dihasilkan sebesar 2,60 Volt, sehingga mampu menyalakan lampu LED sebagai indikator produksi listrik. Hal ini dikarenakan efisiensi dalam proses oksidasi senyawa organik dan transfer elektroda ke anoda yang didukung oleh aktivitas metabolisme dan enzimatik serta kestabilan pertumbuhan bakteri dalam sistem MFC.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem MFC dengan penambahan isolat bakteri lain atau konsorsium mikroba agar dapat meningkatkan kinerja elektrogenik dan juga dilakukan pengukuran listrik secara lebih rinci seperti arus dan daya, sehingga potensi *Microbial Fuel Cell* (MFC) sebagai sumber energi alternatif dapat dikembangkan lebih optimal. Saran juga agar riset ini sampai pada dunia industry agar melakukan riset bagaimana efisiensi biaya dalam produksi biolistrik.

DAFTAR RUJUKAN

- Apriansa, A., & Irdawati, I. (2025). Optimizing Bioelectricity Production from Thermophilic Bioelectrogens Consortium Using Agricultural Waste in Microbial Fuel Cells. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1853–1863.
- Bose, D., & Bose, A. (2017). Electrical Power Generation with Himalayan Mud Soil Using Microbial Fuel Cell. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(2), 433–439.
- Cheng, S., Liu, H., & Logan, B. E. (2006). Power Densities Using Different Cathode Catalysts (Pt and CoTMPP) and Polymer Binders (Nafion and PTFE) in Single Chamber Microbial Fuel Cells. *Environmental science & technology*, 40(1), 364-369.
- Dunaj, S. J., Vallino, J. J., Hines, M. E., Gay, M., Kobylyanec, C., & Rooney-Varga, J. N. (2012). Relationships Between Soil Organic Matter, Nutrients, Bacterial Community Structure, and the Performance of Microbial Fuel Cells. *Environmental Science & Technology*, 46(3), 1914-1922.
- Guang, L., Koomson, D. A., Jingyu, H., Ewusi-Mensah, D., & Miwornunye, N. (2020).

- Performance of Exoelectrogenic Bacteria Used in Microbial Desalination Cell Technology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1121.
- Hakimah, Y. (2019). Analisis Kebutuhan Energi Listrik dan Prediksi Penambahan Pembangkit Listrik di Sumatera Selatan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7(2).
- Imologie, M., Yusuf, M., Abayomi, T., & Olayinka, A. (2019). Application of Urine as Fuel in a Soil-Based Membrane-Less Single Chamber Microbial Fuel Cell. *Agricultural* 21(1), 115–121.
- Indah Sutiknowati, L. (2018). Keragaman Bakteri pada Perairan Sabang, Provinsi Aceh. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 35, 54–62.
- Irdawati. (2019). Keanekaragaman Bakteri Thermoxilanolitik dari Habitat Air Panas Selatan dan Potensinya Sebagai Aditif Pulp. *Disertasi*. Universitas Andalas.
- Jude, C. D., & Jude, B. A. (2015). Powerful Soil: Utilizing Microbial Fuel Cell Construction and Design in an Introductory Biology Course. *Journal of Microbiology and Biology Education*, 16(2), 286–288.
- Kholiq, I. (2015). Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal Iptek*, 19(2), 75–91.
- Nuritasari, D., Sarjono, P. R., & Aminin, A. L. N. (2017). Isolasi Bakteri Termofilik Sumber Air Panas Gedongsongo dengan Media Pengaya MB (Minimal Broth) dan TS (Taoge Sukrosa) serta Identifikasi Fenotip dan Genotip. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2), 84–91.
- Palikaras, K., Lionaki, E., & Tavernarakis, N. (2015). Coordination of Mitophagy and Mitochondrial Biogenesis During Ageing in *C. elegans*. *Nature*, 521(7553), 525–528.
- Rakhmawati, A., Yulianti, E., & Rohaeti, E. (2014). Seleksi Bakteri Termofilik Selulolitik Pasca Erupsi Merapi. *Jurnal Kaunia*, 1435(2), 92–102.
- Rumora, A., Hopkins, L., Yim, K., Baykus, M. F., Martinez, L., & Jimenez, L. (2023). Detection and characterization of electrogenic bacteria from soils. *BioTech*, 12(4), 65.
- Rumora, A., Hopkins, L., Yim, K., Baykus, M. F., Martinez, L., & Jimenez, L. (2024). 16s Rna Analysis of Electrogenic Bacterial Communities from Soil Microbial Fuel Cells. *Applied Microbiology*, 4(2), 918–933.
- Uria-Molto, N., Costa, R. D., Nunziata, C., Santiago, S., Guirado, G., Muñoz-Berbel, X., & Kowalski, L. (2022). Self-contained and Integral Microbial Fuel Cells as Portable and Sustainable Energy Sources for Low-power Field Devices. *Electronic Journal of Biotechnology*, 57, 44–51.
- Uthami, N. F. (2024). Pengaruh Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan sebagai Microbial Fuel Cell (MFC) untuk menghasilkan Energi Listrik. *Skripsi*. Universitas Negeri Padang.
- Wang, J., Ren, K., Zhu, Y., Huang, J., & Liu, S. (2022). A Review of Recent Advances in Microbial Fuel Cells: Preparation, Operation, and Application *BioTech*, 11(4), 44.
- Wu, M. S., Xu, X., Zhao, Q., & Wang, Z. Y. (2017). Simultaneous Removal of Heavy Metals and Biodegradation of Organic Matter with Sediment Microbial Fuel Cells. *Rsc Advances*, 7(84), 53433–53438.
- Xu, B., Ge, Z., & He, Z. (2015). Sediment microbial fuel cells for wastewater treatment: challenge and opportunities. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 1(3), 279–284.
- Yegin, S. (2023). Microbial Xylanases in Xylooligosaccharide Production from Lignocellulosic Feedstocks. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 3619–3658.