



**POLA PRODUKSI BIOLISTRIK *Aneurinibacillus thermoaerophilus* STRAIN N25
PADA VARIASI SUBSTRAT LIMBAH PERTANIAN**

¹Dinda Aulia Nabila, ²Irdawati, ³Dezi Handayani, ⁴Elsa Yuniarti

^{1,2,3,4}Universitas Negeri Padang, Indonesia

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

DOI : <https://doi.org/10.30605/2mcsjx62>

Accepted : 12 April 2026 Approved : 21 April 2026 Published : 22 April 2026

Abstract

The increasing energy demand encourages the development of renewable energy technologies such as Microbial Fuel Cell (MFC), which converts organic substrates into electricity using microorganisms. This study aimed to analyze bioelectricity production by *Aneurinibacillus thermoaerophilus* strain N25 using different substrates (glucose, corn cob, rice straw, and rice husk). The experiment was conducted using a dual-chamber MFC system with voltage measurements over 24 hours. The results showed that voltage increased over time, peaked at the 20th hour, and then decreased. The highest voltage was produced by glucose (0.802 mV), followed by corn cob (0.724 mV), rice straw (0.581 mV), and rice husk (0.491 mV). These results indicate that substrate type affects bioelectricity production, with corn cob as the best agricultural waste substrate.

Keywords : Bioelectricity, Microbial Fuel Cell, Agricultural waste, Substrate Thermophilic bacteria

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan industrialisasi mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu teknologi yang berkembang adalah Microbial Fuel Cell (MFC), yaitu sistem bioelektrokimia yang memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme untuk mengubah bahan organik menjadi energi listrik (Logan, 2009). Teknologi ini memiliki keunggulan karena mampu memanfaatkan limbah organik sebagai substrat sekaligus menghasilkan energi, sehingga berpotensi menjadi solusi dalam pengelolaan limbah dan produksi energi terbarukan.

Pemilihan substrat merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi efisiensi produksi biolistrik dalam sistem MFC. Substrat sederhana seperti glukosa diketahui dapat menghasilkan energi listrik yang lebih tinggi karena mudah dimetabolisme melalui jalur glikolisis tanpa memerlukan proses degradasi kompleks. Sebaliknya, limbah lignoselulosa seperti jerami padi, sekam padi, dan tongkol jagung memiliki struktur yang lebih kompleks karena tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sehingga memerlukan proses hidrolisis terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme (Lynd et al., 2002; Chandra et al., 2007). Meskipun demikian, limbah pertanian tersebut memiliki potensi besar sebagai substrat alternatif karena ketersediaannya melimpah dan biaya yang rendah.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa limbah lignoselulosa dapat dimanfaatkan dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik, meskipun dengan efisiensi yang bervariasi tergantung pada jenis substrat dan mikroorganisme yang digunakan (Huang et al., 2008). Tongkol jagung, misalnya, dilaporkan memiliki potensi lebih baik dibandingkan limbah pertanian lainnya karena kandungan hemiselulosa yang relatif tinggi dan struktur yang lebih mudah terdegradasi (Richana et al., 2007). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan konsorsium mikroba, sehingga kontribusi spesifik dari masing-masing mikroorganisme dalam proses transfer elektron belum dapat dijelaskan secara jelas.

Selain itu, penelitian mengenai penggunaan bakteri termofilik dalam sistem MFC masih relatif terbatas dibandingkan dengan mikroorganisme mesofilik. Bakteri termofilik memiliki keunggulan berupa stabilitas enzim yang tinggi pada suhu ekstrem dan laju metabolisme yang lebih cepat, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi produksi biolistrik. Namun demikian, kajian mengenai kemampuan elektrogenik bakteri termofilik, khususnya dalam memanfaatkan berbagai jenis substrat limbah pertanian, masih belum banyak dilaporkan.

Berdasarkan hal tersebut, terdapat kesenjangan penelitian terkait evaluasi pengaruh jenis substrat terhadap produksi biolistrik menggunakan isolat tunggal bakteri termofilik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan produksi biolistrik yang dihasilkan oleh *Aneurinibacillus thermoaerophilus* strain N25 pada berbagai jenis substrat, yaitu glukosa, tongkol jagung, jerami padi, dan sekam padi, dalam sistem MFC. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas substrat serta mendukung pengembangan teknologi bioenergi berbasis limbah pertanian.

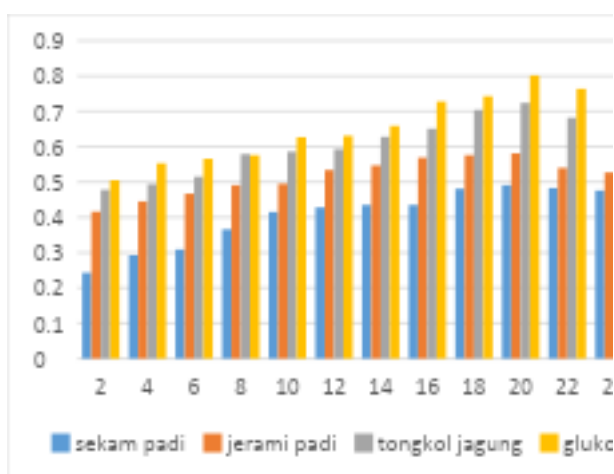
METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Negeri Padang. Bakteri yang digunakan adalah *Aneurinibacillus thermoaerophilus* strain N25 yang diisolasi dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan. Sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang digunakan adalah sistem dual chamber yang terdiri dari ruang anoda dan katoda yang dihubungkan dengan jembatan garam. Bakteri *Aneurinibacillus thermoaerophilus* strain N25 terlebih dahulu dikultur hingga fase aktif, kemudian diinokulasikan ke dalam ruang anoda yang berisi substrat sesuai perlakuan. Inkubasi dilakukan dalam kondisi anaerob untuk mendukung proses oksidasi substrat dan transfer elektron. Variasi perlakuan yang digunakan yaitu jenis substrat limbah pertanian (jerami padi, sekam padi, dan tongkol jagung) serta variasi konsentrasi substrat. Produksi biolistrik diukur setiap 2 jam sekali selama 24

jam menggunakan multimeter digital dalam satuan miliVolt (mV).

HASIL PENELITIAN

Pengamatan terhadap produksi biolistrik yang dihasilkan oleh *A. thermoaerophilus* strain N25 dilakukan selama 24 jam pada sistem MFC dengan variasi limbah substrat pertanian. Nilai tegangan listrik yang dihasilkan pada setiap interval waktu pengukuran dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola produksi biolistrik

Berdasarkan hasil pengamatan, produksi biolistrik oleh *Aneurinibacillus thermoaerophilus* strain N25 menunjukkan pola peningkatan seiring waktu inkubasi pada semua jenis substrat. Nilai tegangan listrik mulai meningkat sejak jam ke-2 dan mencapai puncaknya pada jam ke-20, kemudian mengalami penurunan hingga jam ke-24. Pola ini menunjukkan adanya fase pertumbuhan aktif mikroorganisme yang diikuti oleh fase penurunan akibat keterbatasan substrat. Menurut Logan *et al.* (2006), produksi listrik dalam sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) sangat dipengaruhi oleh fase pertumbuhan mikroorganisme, di mana fase eksponensial menghasilkan transfer elektron yang paling optimal.

Pada jam ke-20, rata-rata tegangan listrik tertinggi diperoleh pada substrat glukosa sebesar 0,802 mV, diikuti oleh tongkol jagung sebesar 0,724 mV, jerami padi sebesar 0,581 mV, dan sekam padi sebesar 0,491 mV. Tingginya nilai pada glukosa disebabkan karena glukosa merupakan substrat sederhana yang mudah dimanfaatkan oleh bakteri,

sehingga proses oksidasi berlangsung lebih optimal dan menghasilkan elektron dalam jumlah lebih besar. Hal ini sesuai dengan pendapat Madigan *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa substrat sederhana seperti glukosa lebih cepat dimetabolisme dibandingkan substrat kompleks, sehingga meningkatkan aktivitas respirasi mikroba.

Di antara substrat limbah pertanian, tongkol jagung menunjukkan hasil tertinggi. Hal ini diduga karena kandungan lignoselulosa pada tongkol jagung lebih mudah terdegradasi dibandingkan sekam padi, sehingga lebih efektif sebagai sumber karbon bagi bakteri. Sebaliknya, sekam padi menghasilkan tegangan terendah karena kandungan lignin yang tinggi menyebabkan substrat lebih sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Menurut Sun and Cheng (2002), struktur lignin yang kompleks dapat menghambat proses degradasi biomassa oleh mikroorganisme sehingga menurunkan efisiensi pemanfaatan substrat.

Penurunan tegangan setelah jam ke-20 menunjukkan adanya penurunan aktivitas metabolisme bakteri, yang kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya ketersediaan nutrisi serta akumulasi produk metabolit yang dapat menghambat pertumbuhan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Metcalf and Eddy (2014) yang menyebutkan bahwa akumulasi produk metabolit dalam sistem biologis dapat menurunkan aktivitas mikroorganisme dan efisiensi proses.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa jenis substrat sangat mempengaruhi produksi biolistrik, dengan tongkol jagung sebagai substrat limbah terbaik, meskipun masih lebih rendah dibandingkan glukosa sebagai kontrol. Temuan ini menunjukkan potensi limbah pertanian sebagai sumber energi alternatif dalam sistem MFC, meskipun masih memerlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi produksi listrik. Substrat dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi, tetapi juga sebagai donor elektron dalam sistem MFC. Senyawa organik pada substrat dioksidasi oleh bakteri untuk menghasilkan elektron yang kemudian ditransfer ke anoda dan menghasilkan arus listrik.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian tahap 1 menunjukkan bahwa jenis substrat mempengaruhi produksi biolistrik oleh *Aneurinibacillus thermoaerophilus* strain N25 dalam sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC). Produksi listrik meningkat seiring waktu dan mencapai puncak pada jam ke-20, kemudian menurun. Glukosa menghasilkan tegangan tertinggi, sedangkan dari limbah pertanian, tongkol jagung merupakan substrat terbaik, diikuti jerami padi dan sekam padi. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kemudahan degradasi substrat oleh mikroorganisme. Disarankan dilakukan optimasi kondisi MFC seperti variasi konsentrasi substrat, pH, dan waktu inkubasi, serta pretreatment pada limbah dengan kandungan lignin tinggi agar lebih mudah dimanfaatkan. Selain itu, penggunaan kombinasi substrat atau konsorsium mikroba berpotensi meningkatkan produksi biolistrik.

DAFTAR RUJUKAN

- Chandra, Ramesh, R., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2007). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(9), 1901–1917. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.04.003>
- Huang, Li-Ping, L.-P., Logan, B. E., & Chen, G.-H. (2008). Effect of electrode material on the performance of microbial fuel cells. *Journal of Applied Microbiology*, 105(2), 485–493. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.03774.x>
- Logan, Bruce E., B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., ... & Rabaey, K. (2006). Microbial fuel cells: Methodology and technology. *Environmental Science & Technology*, 40(17), 5181–5192. <https://doi.org/10.1021/es0605016>
- Logan, B. E. (2009). Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells. *Nature Reviews Microbiology*, 7(5), 375–381.
- Lynd, Lee R., L. R., Weimer, P. J., van Zyl, W. H., & Pretorius, I. S. (2002). Microbial cellulose utilization: Fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3), 506–577. <https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506-577.2002>
- Madigan, Michael T., M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018). *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). Pearson Education.
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Richana, N., Tedja Irawadi, T., Anwar Nur, M., Sailah, I., & Khaswar, K. (2007). The Process of Xylanase Production from *Bacillus pumilus* RXAIII-5. *Microbiology Indonesia*, 1(2), 74–80.
- Sun, Ye, Y., & Cheng, Jiayang, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review. *Bioresource Technology*, 83(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)