

## **Biolistrik, Biofuel Ramah Lingkungan Dari Crude Enzyme Xylanase (CEX) Bakteri Termofilik MS**

Shintia Hendriany<sup>1)\*</sup>, Balkis Alfatimah Azzahra<sup>1)</sup>, Irdawati<sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup>Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

\*Email: [sintiahendriany18@gmail.com](mailto:sintiahendriany18@gmail.com)

---

### **ABSTRACT**

*The use of electricity in Indonesia is dominated by fossil energy sources, especially steam power plants that use coal. However, the use of fossil fuels carries risks of climate change and pollution. As an alternative, biofuels derived from biomass offer a promising solution. Xylanase is a hydrolytic enzyme with various industrial applications. It is responsible for breaking down xylan, the second most abundant polysaccharide in nature after cellulose. Microbes in Microbial Fuel Cell (MFC) can convert crude enzymes into electrical energy, with thermophilic bacteria being one of the candidates that can withstand high temperatures. The research aims to assess the ability of crude xylanase enzymes from thermophilic bacteria MS to produce environmentally friendly bioelectricity. The method used in this study is descriptive. The highest average voltage was obtained in the initial measurement, at 0.6265 volts, while the lowest voltage result occurred in the seventh measurement, with a voltage of 0.318 volts.*

**Kata kunci:** *Biofuel, Bacterium Thermophilik MS, Bioelectricity, Crude Xylanase Enzyme*

### **ABSTRACT**

Penggunaan energi listrik di Indonesia didominasi oleh sumber energi fosil, terutama pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batu bara. Namun, penggunaan bahan bakar fosil berisiko menyebabkan perubahan iklim dan pencemaran. Sebagai alternatif, biofuel dari biomassa menjadi solusi menjanjikan. Xylanase adalah enzim hidrolitik yang memiliki berbagai aplikasi industri. Enzim ini bertanggung jawab untuk menguraikan xilan, yang merupakan polisakarida kedua terbanyak di alam setelah selulosa. Mikroba dalam *Microbial Fuel Cell* (MFC) dapat mengonversi *crude enzyme* menjadi energi listrik, dengan bakteri termofilik sebagai salah satu kandidat yang tahan pada suhu tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk melihat kemampuan *crude enzyme xylanase* dari bakteri termofilik MS untuk menghasilkan biofuel ramah lingkungan berupa biolistrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Hasil rata-rata voltase tertinggi dihasilkan pada pengukuran awal, yaitu sebesar 0,6265 volt sedangkan hasil voltase terendah dihasil pada pengukuran *volt* ke-tujuh dengan hasil voltase sebesar 0,318 *volt*.

**Kata kunci:** *Biofuel, Bakteri Termofilik MS, Biolistrik, Crude Enzyme Xylanase*

---

## PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik di Indonesia masih didominasi oleh sumber energi fosil dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Dari total kapasitas pembangkit listrik saat ini di Indonesia, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batu bara masih menjadi yang utama, mencapai 24.883 MW atau 48% dari total kapasitas pembangkit di dalam negeri sebesar 52.231 MW. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus dapat mengakibatkan berbagai ancaman serius, seperti semakin menipisnya cadangan minyak bumi, ketidakstabilan harga, dan pencemaran gas rumah kaca akibat pembakaran bahan bakar fosil. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca ini diprediksi menjadi penyebab utama perubahan iklim global, yang tercermin dalam peningkatan suhu bumi dan permukaan air laut, serta meningkatnya kejadian banjir dan kekeringan di berbagai wilayah bumi. Dalam menghadapi masalah ini, biofuel atau bahan bakar nabati telah muncul sebagai salah satu solusi yang menjanjikan. Biofuel diproduksi dari biomassa yang dapat diperbaharui, seperti tanaman tertentu, limbah pertanian, dan limbah organik lainnya. Salah satu tantangan dalam produksi biofuel adalah proses konversi biomassa menjadi bentuk bahan bakar yang efisien dan ramah lingkungan (Sulistiyawati *et al*, 2020).

Salah satu inovasi dalam bidang ini adalah biolistrik, yang merupakan listrik yang dihasilkan dari sumber-sumber biologis. Biolistrik menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan biomassa dan mikroorganisme sebagai bahan bakunya. Biofuel atau bahan bakar nabati (BBN) adalah bahan bakar yang dapat diperbaharui (renewable) yang dapat diproduksi dari mikroorganisme dan berbagai jenis tumbuhan seperti singkong, tebu, minyak sawit, jarak pagar, dan lain-lain (Lubad dan paramita, 2010)

Penggunaan enzim dalam proses produksi biofuel dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan proses tersebut. Enzim xilanase, yang dihasilkan oleh bakteri termofilik, memiliki potensi besar dalam proses konversi biomassa lignoselulosa menjadi biofuel. Xilanase mampu menguraikan hemiselulosa menjadi xilosa, yang kemudian dapat diolah lebih lanjut menjadi bioetanol atau biohidrogen.

MFC sebagai dasar aplikasi teknologi bioelectrochemical system. Microbial fuel cell merupakan salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan materi organik (substrat) sebagai sumber energi bakteri dalam melakukan aktivitas metabolismenya untuk menghasilkan listrik. MFC adalah bioreaktor yang mengubah energi kimia dari senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Bakteri digunakan dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik dan menguraikan materi organik dari substratnya. Pada sistem MFC terdiri dari anoda, katoda, dan larutan elektrolit. Mikroba akan melakukan metabolisme pada kompartemen (Wahyuda dan irdawati, 2024).

Menurut Zuraidah *et al* (2020), bakteri termofilik termasuk dalam kategori bakteri yang memiliki karakteristik yang sangat berbeda dibandingkan dengan kelompok bakteri lainnya. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk bertahan pada suhu tinggi berkat keberadaan enzim termostabil. Mereka juga termasuk dalam bakteri yang memiliki sifat amilolitik, yang berarti mereka mampu menghasilkan enzim amilase yang dapat mengurai amilum atau pati. Bakteri termofilik adalah kelompok mikroorganisme yang tumbuh optimal pada suhu di atas 45°C, dengan rentang umum pertumbuhan antara 45°C hingga 80°C. Kemampuan bakteri termofilik untuk bertahan dan berkembang pada suhu tinggi disebabkan oleh stabilitas dan ketahanan panas protein mereka. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kemampuan *crude enzyme xylanase* dari bakteri termofilik MS untuk menghasilkan biofuel ramah lingkungan berupa biolistrik.

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Penelitian ini dilakukan pada 25 April 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu elektroda (Plat Zinc dan plat tembaga), kabel capit buaya, botol selai, voltmeter, paralon, tali tambang kain, gelas ukur, beaker glas, tabung reaksi, rak tabung reaksi, dan vortex. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *crude enzyme xylanase* bakteri termoxylanotik MS, lakban, label, tissue.

### **Prosedur Penelitian**

#### **1. Persiapan Penelitian**

Melakukan sterilisasi pada auqadest menggunakan autoklaf. Autoklaf adalah alat yang digunakan untuk melakukan proses sterilisasi dengan uap panas bertekanan tinggi. Proses sterilisasi autoklaf bertujuan untuk menghilangkan atau membunuh semua mikroorganisme yang ada dalam suatu benda atau media, sehingga tidak ada lagi mikroorganisme yang dapat menyebabkan kontaminasi atau infeksi.

#### **2. Pelaksanaan Penelitian**

##### **a. Penyediaan *crude enzyme xylanase***

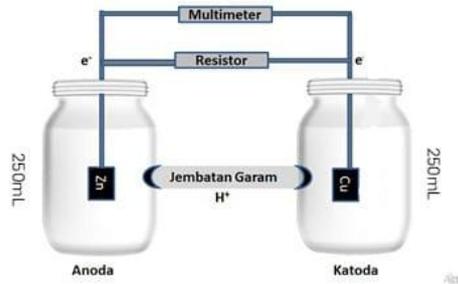
Mempersiapkan *crude enzyme MS* sebanyak 200 mL dan mencampurkan dalam gelas beaker. Lalu, menghomogenkan *crude enzyme* didalam laminar air flow dan memisahkan sebanyak masing-masing 100 mL untuk dipisahkan kedalam fermentor dan dibuat menjadi dua ulangan.

##### **b. Pembuatan jembatan garam**

Pembuatan jembatan garam menggunakan sumbu kompor yang digulung tali hingga panjang 5cm, kemudian balut kedua ujung tali dengan lakban. Kemudian larutkan NaCL dengan 100 mL aquades lalu rendam tali kedalam larutan NaCL dan panaskan diatas hot plate dengan suhu 500 selama 2 jam. Setelah 2 jam, keringkan

tali kedalam oven dengan menggunakan aluminum foil. Setelah 24 jam didalam oven, jembatan garam dimasukkan kedalam paralon.

c. Pembuatan fermentor



Crude enzim xylanase MS, dipersiapkan 2 toples Menggunakan reaktor dual chamber, yang terbagi antara kompartemen katoda dan anoda. Material elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah lempeng zinc (Zn) untuk bagian kompartemen anoda dan pada katoda menggunakan elektroda tembaga (Cu), dengan masing-masing ukuran elektroda 2 x 5 cm, elektroda disambungkan dengan jepit buaya dan dihubungkan ke alat multimeter digital.

d. Pengecekan voltase

Fermentor di dalam oven dicek sekali 2 jam selama 16 jam dengan menggunakan multimeter yang disambungkan pada capit buaya. Pengukuran voltase dilakukan di luar oven.

3. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berikut adalah hasil penelitian yang diperoleh dari pengukuran yang telah dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengamatan MFC pada Crude Enzim Xylanase MS

NO	Perlakuan (Jam)	Hasil Pengukuran		
		Ulangan	Hasil (Volt)	Rata-Rata
1.	09.00 wib (control)	U1	0.670	0.6265
		U2	0.583	
2.	11.00 wib	U1	0.546	0.520
		U2	0.494	
3.	13.00 wib	U1	0.471	0.4755
		U2	0.480	

4.	15.00 wib	U1	0.370	0,391
		U2	0.412	
5.	17.00 wib	U1	0.315	0.3765
		U2	0.438	
6.	19.00 wib	U1	0.337	0.3795
		U2	0.422	
7.	21.00 wib	U1	0.309	0.3205
		U2	0.332	
8.	23.00 wib	U1	0.307	0.318
		U2	0.329	
9.	01.00 wib	U1	0.350	0.339
		U2	0.328	

Dari data diperoleh, nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh isolat bakteri termofilik MS relatif rendah. Rata-rata tegangan listrik dengan delapan kali pengukuran (per 2 jam) terus mengalami mengalami penurunan. Dalam sembilan kali pengukuran tersebut, mulai dari pengukuran pertama hingga pengukuran kedelapan mengalami penurunan yang cukup signifikan hingga pada pengukuran kesembilan tegangan listrik mulai mengalami peningkatan.

Menurut Kim *et al.*, (2020) tegangan listrik yang dihasilkan oleh Microbial Fuel Cell (MFC) bervariasi tergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis mikroorganisme yang digunakan dan kondisi operasional. Secara umum, MFC menghasilkan tegangan sekitar 0,2 hingga 0,5 volt. Namun, secara teoritis, MFC dapat mencapai hingga 1,2 volt berdasarkan tegangan sirkuit terbuka (OCV). Rata-rata tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 0.6265 volt pada pengukuran awal dan rata-rata terendah yang dihasilkan adalah sebesar 0.318 volt. Sedangkan untuk hasil rata-rata keseluruhan volt yang dihasilkan adalah sebesar 0,416 volt. Selain itu, Oh & Logan (2007) menambahkan bahwa meskipun MFC memiliki potensi untuk menghasilkan tegangan lebih tinggi, nilai sekitar 0,5 volt adalah yang umum ditemui dalam praktiknya. Jika dilihat dari pernyataan oleh Kim *et al.* dan Oh & Logan, hasil tegangan listrik yang dihasilkan termasuk dalam rentang yang relative rendah.

Terdapat banyak faktor yang dapat menyebabkan hasil tegangan listrik yang dihasilkan rendah dalam praktik MFC, seperti faktor-faktor yang terdapat dalam penelitian ini, diantaranya adalah kondisi enzim dan kondisi operasional. Dalam penelitian ini, crude enzim yang digunakan merupakan crude enzim yang telah

diregenerasi. Enzim yang telah diregenerasi dapat mempengaruhi kualitas dari crude enzim. Kualitas enzim dalam crude extract sangat penting untuk efisiensi sistem. Proses ekstraksi yang tidak optimal dapat mengurangi aktivitas enzim dan kofaktor penting seperti ATP, NADH, dan protein lainnya. Penelitian menunjukkan bahwa metode ekstraksi dan kondisi penyimpanan yang tidak sesuai dapat mengurangi vitalitas dan aktivitas crude enzim, sehingga menghambat efisiensi energi yang dihasilkan dalam MFC. Regenerasi energi dalam sistem bebas sel sering bergantung pada pemecahan ikatan fosfat untuk menghasilkan ATP. Proses ini penting untuk menjaga vitalitas ekstrak sel dan kelangsungan reaksi biosintesis. Penggunaan sistem regenerasi energi yang tidak efektif dapat menyebabkan rendahnya produksi ATP, yang berdampak langsung pada tegangan listrik yang dihasilkan oleh MFC (Huang *et al.*, 2022). Sedangkan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi operasional adalah fermentasi yang dilakukan selama proses penelitian tidak dalam suhu yang tinggi, akan tetapi dilakukan dalam suhu ruang. Hal ini sangat mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan, Bakteri termofilik merupakan kelompok mikroorganisme yang tumbuh optimal pada suhu lebih dari 45°C dan kisaran umum pertumbuhan antara 45°C sampai 80°C. Menurut Prescott *et al.*, (2008) didalam penelitian Mawati *et al.*, (2021), bakteri termofilik merupakan mikroorganisme yang mampu hidup dalam kisaran suhu 45°-65°C. Karena perbedaan suhu yang dilakukan dalam proses penelitian ini cukup jauh, kinerja crude enzim tidak optimal dalam menghasilkan listrik, sehingga tegangan listrik yang dihasilkan tidak terlalu tinggi.

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, hasil tegangan listrik yang dihasilkan oleh isolat bakteri termofilik MS relatif rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil tegangan listrik meliputi kondisi enzim dan kondisi operasional. Suhu fermentasi memainkan peran penting dalam kualitas hasil hal ini karena bakteri yang digunakan dalam penelitian MFC ini adalah bakteri termofilik yang membutuhkan suhu yang tinggi sedangkan suhu yang digunakan dalam penelitian adalah suhu ruang, yang menyebabkan tegangan listrik yang dihasilkan tidak optimal.

## REFERENSI

- Huang, M.; Wang, W.; Guo, T.; Long, X.; Niu, F. (2022). Cell-Free Escherichia coli Synthesis System Based on Crude Cell Extracts: Acquisition of Crude Extracts and Energy Regeneration. *Processes*, 10, 1122. <https://doi.org/10.3390/pr10061122>
- Kim, B., Mohan, S. V., Fapyane, D., & Chang, I. S. (2020). Controlling Voltage Reversal in Microbial Fuel Cells. In *Trends in Biotechnology* (Vol. 38, Issue 6, pp. 667–678). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.12.007>

- Lubad, A. M. dan Paramita W. 2010. Program Nasional Biofuel dan Realitasnya di Indonesia. *Lembaran Publikasi Lemigas*. 44(3) : 307 – 318
- Mawati, S. D., Harpen, E., & Fidyandini, H. P. (2021). SCREENING OF AMYLOLITIC POTENTIAL THERMOPHILIC BACTERIA FROM WAY BELERANG HOT SPRING KALIANDA LAMPUNG SELATAN. *Journal of Aquatropica Asia*, 1(6) : 1-7.  
<https://doi.org/10.33019/aquatropica.v6i1.2458>
- Oh, S. E., & Logan, B. E. (2007). Voltage reversal during microbial fuel cell stack operation. *Journal of Power Sources*, 167(1), 11-17.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.02.016>
- Sulistiyawati, Indah, Rahayu, N. L., & Purwitaningrum, F. S. 2020. Produksi Biolistrik menggunakan Microbial Fuel Cell (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu. *Biosfera*, 37(2):112-117.
- Wahid, A. A. (2020). Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi. *Jurnal Ilmu-ilmu Informatika dan Manajemen STMIK*, 1-5.
- Wahyuda, A. dan Irdawati. 2024. Produksi Biolistrik Dengan Microbial Fuel Cell(Mfc) Dari Bakteri Termofilik. *Jurnal Pendidikan dan sains*. 4(1): 359-366
- Zuraidah, Wahyuni, Dessri, & Astuty, E. 2020. Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik dari Kawasan Wisata Ie Seuum (Air Panas). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 11(2):40-47.