

Potensi *Microbial Fuel Cell* (MFC) pada Mikroba Tanah Sawah Lumpur Dataran Tinggi

Adinda Rizky Maulina^{1)*}, Shintia Hendriany¹⁾, Ulfa Dwi Putri¹⁾,
Irdawati¹⁾

¹⁾Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka No. 1, Air Tawar Barat, Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 2517

*Email: adindarizkymaulina2003@gmail.com

ABSTRACT

Microbial Fuel Cell (MFC) is an environmentally friendly alternative energy source that converts organic matter into electricity through bacterial activity under anaerobic conditions. This study explores the types of MFC's based on their compartment designs, including single chambers, double chambers, and stack chambers, as well as the working mechanism of MFCs in converting chemical energy into electrical energy. The integration of MFC with highland mud paddy fields can increase the production of renewable energy locally, utilizing the metabolic process of microorganisms that decompose organic matter. This study aims to isolate and calculate the number of microbes in the mud of highland rice paddies and identify the types of microbes that exist. The research method was carried out at the Microbiology Laboratory, Padang State University. The results of this study are the microscopic form of this bacteria, namely positive grams with coccus forms and bacil negative grams and from the results of voltage measurements, the highest voltage was obtained at the 7th hour, which is with an average of 0.574 volt.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell, Voltage, Microorganism*

ABSTRAK

*Microbial Fuel Cell (MFC) adalah sumber energi alternatif ramah lingkungan yang mengubah bahan organik menjadi listrik melalui aktivitas bakteri dalam kondisi anaerob. Penelitian ini mengeksplorasi jenis-jenis MFC berdasarkan desain kompartemennya, termasuk *single chamber*, *double chamber*, dan *stack chamber*, serta mekanisme kerja MFC dalam mengonversi energi kimia menjadi energi listrik. Integrasi MFC dengan tanah sawah lumpur dataran tinggi dapat meningkatkan produksi energi terbarukan secara lokal, memanfaatkan proses metabolisme mikroorganisme yang menguraikan bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan menghitung jumlah mikroba dalam lumpur sawah dataran tinggi serta mengidentifikasi jenis mikroba yang ada. Metode penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Universitas Negeri Padang. Hasil penelitian ini yaitu bentuk mikroskopis dari bakteri ini yaitu gram positif dengan bentuk coccus dan gram negatif bacil dan dari hasil pengukuran voltase didapatkan voltase tertinggi pada jam ke-7 yaitu dengan rata-rata 0,574 Volt.*

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell, Voltase, Mikroorganisme*

PENDAHULUAN

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan organik (substrat) sebagai sumber energi bagi bakteri untuk melakukan aktivitas metabolismenya, sehingga menghasilkan listrik. MFC berfungsi sebagai bioreaktor yang mengkonversi energi kimia dari senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Bakteri dalam sistem MFC digunakan untuk memproduksi listrik dan menguraikan bahan organik dari substrat yang ada (Sulistiyawati *et al.*, 2020).

Jenis-jenis MFC berdasarkan desain kompartemennya meliputi *single chamber MFC*, *double chamber MFC*, dan *stack chamber MFC*. *Chamber MFC* hanya memiliki satu ruang, sehingga substrat dan larutan elektrolit bercampur, dan desain ini dapat menggunakan PEM atau tanpa PEM. *Stack chamber* adalah rangkaian beberapa unit MFC, baik dual chamber maupun single chamber, yang dihubungkan secara seri, paralel, atau seri-paralel untuk meningkatkan kapasitas daya yang dihasilkan. *Double chamber MFC* memiliki dua ruang yang dipisahkan oleh mediator dan dapat di-*scale up* untuk meningkatkan produksi listrik. Selain itu, pemilihan MFC double chamber merupakan sistem yang efektif dan mudah diterapkan dalam pengolahan limbah cair (Prabowo *et al.*, 2023).

Pada umumnya MFC terdiri dari dua ruang yaitu anoda dan katoda, ruang ini biasa dikenal dengan elektroda. Kedua ruang tersebut dipisahkan oleh membran penukar proton. Sisi anoda mengandung mikroorganisme aktif elektrokimia dan material organik sedangkan pada sisi katoda bersifat abiotik. Bakteri berperan sebagai biokatalis yang akan mendegradasi bahan organik untuk menghasilkan elektron yang merupakan hasil dari proses metabolisme bakteri. Elektron yang dihasilkan bergerak dari sisi anoda menuju sisi katoda melalui rangkaian listrik. Bakteri ini dikenal dengan sebutan "*Exoelectrogens*" yang berarti dapat mentransfer elektron. Oleh karena itu, hal ini menunjukkan bahwa MFC merupakan teknologi penghasil listrik yang ramah lingkungan (Fatwah *et al.*, 2024).

Prinsip kerja MFC melibatkan mikroba yang mengkatalisis perubahan materi organik menjadi energi listrik di anoda dengan mentransfer elektron melalui kabel ke katoda. Elektron yang dihasilkan dari metabolisme mikroba di anoda diterima oleh ion kompleks di katoda, menghasilkan arus listrik. Zat hasil metabolisme mikroba atau elektron yang dilepaskan selama metabolisme dapat berfungsi sebagai donor elektron dalam MFC. Setiap aktivitas metabolisme mikroba umumnya melepaskan elektron bebas, yang dapat dimanfaatkan pada anoda untuk menghasilkan arus listrik (Ida *et al.*, 2023).

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 (Vestimarta & Irdawati, 2024).

Integrasi Microbial Fuel Cell (MFC) dengan tanah sawah lumpur dataran tinggi memiliki potensi aplikasi yang menarik dan beragam manfaat diantaranya adalah MFC memungkinkan produksi energi listrik melalui aktivitas mikroorganisme yang mengoksidasi senyawa organik dalam tanah sawah. Integrasi MFC dengan tanah sawah lumpur dataran tinggi dapat meningkatkan produksi energi terbarukan secara lokal dan membantu memenuhi kebutuhan energi dalam skala kecil hingga menengah (Kurniawan *et al.*, 2022).

Pada lahan basah, mikroorganisme memanfaatkan bahan organik untuk proses metabolisme tubuhnya. Salah satunya yakni sebagai donor elektron pada proses respirasi. Mikroba mengubah karbon organik melalui dua reaksi dekomposisi berbeda, yakni secara aerobik dan anaerobik. Reaksi aerob, terjadi di permukaan air yang kaya oksigen, sedangkan pada kedalaman air dengan kondisi oksigen terbatas, dekomposisi dilakukan secara anaerobik. Pada dekomposisi anaerobik, proses hidrolisis mengubah bahan organik kompleks seperti karbohidrat dan protein menjadi monomernya. Lalu, monomer tersebut (gula dan asam amino), melalui degradasi oleh mikroorganisme fermentasi, diubah menjadi alkohol dan asam lemak. Lebih lanjut, hasil fermentasi didegradasi oleh mikroorganisme menghasilkan dekomposisi senyawa berupa karbondioksida, elektron dan proton, yang kemudian didonasikan kepada anoda pada P-MFC untuk menghasilkan listrik (Cahyani *et al.*, 2020).

Ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil sangat besar, hal ini terlihat dari setiap aktivitas masyarakat Indonesia sehari-hari yang tidak terlepas dari pemakaian bahan bakar, seperti untuk memasak, penerangan, transportasi dan angkutan. Berdasarkan data ESDM (2006), minyak bumi mendominasi 52,5% pemakaian energi di Indonesia, sedangkan penggunaan gas bumi sebesar 19%, batubara 21,5%, air 3,7%, panas bumi 3% dan energi terbarukan hanya sekitar 2% dari total penggunaan energi. Padahal menurut data ESDM cadangan minyak bumi Indonesia hanya sekitar 500 juta barel per tahun. Ini artinya jika terus dikonsumsi dan tidak ditemukan cadangan minyak baru atau tidak ditemukan teknologi baru, diperkirakan cadangan minyak bumi Indonesia akan habis dalam waktu dua puluh tiga tahun mendatang (Auliya *et al.*, 2021).

Biofuel diproduksi langsung dari tumbuhan dan mikroorganisme. Biofuel dapat dibagi menjadi tiga generasi. Generasi pertama biofuel adalah produksi etanol dari pati tanaman pangan seperti gandum, jelai. Biofuel generasi kedua adalah produksi bioetanol dan biodiesel dari beberapa jenis limbah tanaman seperti jerami, rumput dan kayu. Biofuel generasi ketiga adalah produksi bioetanol dari mikroalga dan mikroorganisme. Mikroorganisme termofilik untuk produksi bioetanol meliputi bakteri dan jamur yang paling banyak digunakan untuk memproduksi bioetanol, yaitu bakteri termofilik (Irdawati *et al.*, 2023). Produksi bioetanol secara fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu teknik pemisahan produk dari

mikroorganisme, pemilihan fermentasi, jenis fermentor yang digunakan, serta jenis mikroorganisme yang akan digunakan. Mikroorganisme merupakan salah satu faktor yang sangat berperan dalam fermentasi etanol. Hal ini disebabkan karena mikroorganisme berfungsi sebagai biokatalis (Fahra, 2023).

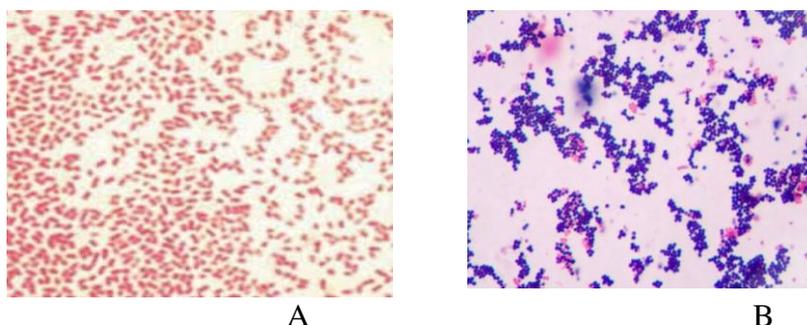
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara untuk mengisolasi dan menghitung jumlah mikroba pada lumpur sawah dataran tinggi. Selain itu juga bertujuan untuk mengetahui apa saja jenis mikroba yang terkandung dalam lumpur sawah dataran tinggi tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Waktu pelaksanaan kegiatan yaitu pada bulan April 2024. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan 1 perlakuan dan 2 ulangan (duplo). Alat yang digunakan yaitu Cawan petri, erlenmeyer, batang pengaduk, hot plate, botol, mikroskop, plat zinc 2x3 cm, botol selai 250 ml, tembaga, kabel tembaga, voltmeter, tali belati atau tali tambang tali, jepit buaya dan kabel dan electrical tape atau lakban hitam. Bahan yang digunakan yaitu medium NA, metilen blue, lugol, alkohol, safranin, lumpur sawah dan akuades.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini yaitu berdasarkan pengamatan mikroskopis dan makroskopis mikroba tanah sawah dataran tinggi didapatkan bahwa terdapat 4 jenis isolat murni yaitu isolate kuning, putih, cream, dan bening. Pengamatan mikroskopis dari 4 jenis isolat didapatkan hasil pengamatan mikroskopisnya yaitu jenis bakterinya berupa gram positif dengan bentuk coccus dan gram negatif dengan bentuk basil. Pengamatan mikroskopis ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengamatan mikroskopis A) gram positif coccus, B) gram negatif basil

Setelah mengetahui jenis mikroba pada tanah sawah dataran tinggi, selanjutnya dilakukan pengukuran energi listrik (voltase) menggunakan dual chamber yang telah dirakit dan dihubungkan dengan jembatan garam, lalu tegangan energi listrik ini diukur menggunakan voltmeter. Pengukuran energi listrik dilakukan

selama 16 jam dengan hasil tertinggi yaitu pada jam ke-7 yaitu 0,574, hasil ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran energi listrik mikroba tanah sawah dataran tinggi

No.	Perlakuan (Jam)	Hasil Pengamatan		
		Ulangan	Hasil (Volt)	Rata- Rata
1.	09.00 wib (control)	U1	0,241	0,261
		U2	0,282	
2.	11.00 wib	U1	0,353	0,355
		U2	0,357	
3.	13.00 wib	U1	0,359	0,364
		U2	0,370	
4.	15.00 wib	U1	0,423	0,455
		U2	0,488	
5.	17.00 wib	U1	0,475	0,482
		U2	0,489	
6.	19.00 wib	U1	0,513	0,521
		U2	0,529	
7.	21.00 wib	U1	0,532	0,532
		U2	0,533	
8.	23.00 wib	U1	0,540	0,574
		U2	0,608	
9.	01.00 wib	U1	0,583	0,566
		U2	0,549	

Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa pada jam ke 1-7 terdapat fase lag yang mengakibatkan tegangan energi listrik terus bertambah karena pertumbuhan bakteri yang tinggi, namun pada jam ke-8 terjadi penurunan energi listrik karena bakteri sudah di fase stasioner dan kematian, sehingga jumlah bakterinya menurun.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh mikroba pada lumpur sawah dataran tinggi yang paling optimal terjadi pada jam ke-15 dengan rata rata 0,574 volt.

REFERENSI

Auliya, P. R., Nabilah, R., & Putri, W. M. (2021). Analisis Potensi Limbah Pertanian dalam menghasilkan Biofuel dari proses Fermentasi. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 1105-1111).

- Fahra, F. (2023). *Pengaruh Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan Terhadap Produksi Biofuel* (Doctoral dissertation, Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam).
- Fatwah, M. A., Irdawati, I., & Andrian, R. (2024). Produksi Energi Listrik Bakteri Termofilik MS 12 sebagai Microbial Fuel Cell pada Substrat TMM (Termofilik Minimum Media). *Jurnal Serambi Biologi*, 9(2), 250-256.
- Ida, T.K. and B. Mandal. 2023. Microbial fuel cell design, application and performance: A review. *Science direct*, 76 (1): 88-94
- Irdawati, I., Auliya, P. R., Putri, D. H., Handayani, D., & Yusrizal, Y. (2023). The Ability of the thermophilic bacteria triculture consortium from mudiak sapan hot springs to produce biofuel. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 2265-2270.
- Kurniawan, Tonni Agustiono et. Al., 2022. Microbial Fuel Cells (MFC): A Potential Game- Changer in Renewable Energy Development. *Sustainability*
- Prabowo, R. D., & Chusniasih, D. (2023). Mini Review: Microbial Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Jurnal Energi dan Ketenagalistrikan*, 1(2), 192-196.
- Sulistiyawati, I., Rahayu, N. L., & Purwitaningrum, F. S. (2020). Produksi Biolistrik Menggunakan Microbial Fuel Cell (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 37(2), 112-117.
- Vestimarta, A. W., & Irdawati, I. (2024). Produksi Biolistrik dengan Microbial Fuel Cell (MFC) dari Bakteri Termofilik. *MASALIQ*, 4(1), 359-366.