MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN : 2808-8115
p-ISSN : 2809-1051

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i1.2632

PRODUKSI BIOLISTRIK DENGAN MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DARI BAKTERI TERMOFILIK

Biostelectricity Production Using Microbial Fuel Cell (MFC) from Thermophilic Bacteria

Aldi Wahyuda Vestimarta & Irdawati
Universitas Negeri Padang
irdawati.amor40@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jan 10, 2024	Jan 15, 2024	Jan 19, 2024	Jan 22, 2024

Abstract

The current availability of electrical energy is not proportional to the large demand. This emphasizes the importance of saving electrical energy. To replace fossil fuel power plants that cannot be renewed. So Microbial Fuel Cells (MFC) is used, which is a technology that is able to convert chemical energy from organic matter into electrical energy through the process of oxidation and metabolism of anaerobic bacteria in electroactive biofilms at the anode. This study aims to determine the production of bioelectricity with Microbial Fuel Cell using consortium thermophilic bacteria on TMM substrate. This research was conducted in November 2023 in the microbiology laboratory, FMIPA, UNP. Data analysis was carried out descriptively by displaying images and graphs. Observation of the development of SSA 16 thermophilic bacteria was carried out for 24 hours by checking the voltage once every 2 hours. And the highest voltage result was 749 mv at the 10th hour of measurement.

Keywords *: Microbial Fuel Cell, Biolectricity, Thermophilic Bacteria, voltage, energy*

Abstrak: Ketersediaan energi listrik saat ini tidak proporsional dengan permintaan yang tinggi. Hal ini menekankan pentingnya penghematan energi listrik. Untuk menggantikan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Maka digunakanlah Sel Bahan Bakar Mikroba (Microbial Fuel Cells/MFC), yang merupakan teknologi yang mampu mengkonversi energi kimia dari bahan organik menjadi energi listrik melalui proses oksidasi dan metabolisme bakteri anaerob dalam biofilm elektroaktif di anoda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan produksi bioelektrisitas dengan menggunakan Sel Bahan Bakar Mikroba yang menggunakan konsorsium bakteri termofilik

Jurnal Masaliq is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

pada substrat TMM. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2023 di laboratorium mikrobiologi, FMIPA, UNP. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menampilkan gambar dan grafik. Pengamatan perkembangan bakteri termofilik SSA 16 dilakukan selama 24 jam dengan memeriksa tegangan setiap 2 jam. Hasil tegangan tertinggi tercatat sebesar 749 mV pada pengukuran jam ke-10.

Kata Kunci: Sel Bahan Bakar Mikroba, Bioelektrisitas, Bakteri Termofilik, Tegangan, Energi

PENDAHULUAN

Listrik di Indonesia pada masa kini sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil. Penggunaan energi fosil yang semakin meningkat menyebabkan penurunan cadangan minyak dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Peningkatan emisi gas rumah kaca ini memiliki dampak signifikan, termasuk ketidakstabilan iklim yang menyebabkan peningkatan suhu global dan kenaikan permukaan air laut. Situasi ini juga menyertai peningkatan risiko banjir dan tantangan lingkungan lainnya (Fitriana *et. al*, 2023)

Semua aktivitas manusia membutuhkan energi, terutama untuk ekonomi, rumah tangga, industri, bisnis, dan transportasi. Bahan bakar fosil, sumber daya tak terbarukan, menyediakan sebagian besar energi global. Sementara cadangan minyak bumi dan batu bara semakin menipis, kebutuhan energi diperkirakan akan terus meningkat. Penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan kelebihan karbon di atmosfer, yang menyebabkan pemanasan global. Alternatif sumber energi selain bahan bakar fosil diperlukan (Irdawati *et. al*, 2023). Teknologi baru yang sudah banyak dikembangkan untuk memproduksi energi listrik alternatif salah satunya adalah *microbial fuel cell* (MFC). Penggunaan teknologi berbasis microbial menjadi solusi terbaik saat ini, dikarenakan pemanfaatannya tidak menimbulkan dampak lingkungan yang buruk, melainkan memberikan kontribusi adaptasi dan mitigasi (Samudro., 2016).

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 metabolism pada kompartemen

anoda dalam keadaan anaerob mengurai susbtrat menjadi proton, elektron (e) dan karbondioksida CO2 (Sulistiyawati *et. al*, 2020).

Bakteri termofilik termasuk golongan bakteri yang memiliki kemampuan yang sangat berbeda dengan golongan bakteri lain. Bakteri ini memiliki kemampuan bertahan pada suhu tinggi karena adanya enzim termostabil. Bakteri termofilik merupakan kelompok mikroorganisme yang tumbuh optimal pada suhu lebih dari 45°C dan kisaran umum pertumbuhan antara 45°C sampai 80°C. Bakteri termofilik mampu bertahan dan berkembang dalam kondisi suhu tinggi karena protein bakteri termofilik lebih stabil dan tahan panas (Zuraidah *et. al,* 2020).

Dari hasil data yang diperoleh, penelitian bertujuan untuk mengeksplorasi potensi produksi biolistrik melalui penerapan Microbial Fuel Cell dengan memanfaatkan konsorsium bakteri termofilik pada medium pertumbuhan Termofilik Minimum Media (TMM). Oleh karena itu, peneliti melakukan studi yang berjudul "Produksi Biolistrik dengan Microbial Fuel Cell (MFC) menggunakan Bakteri Termofilik Konsorsium pada substrat Termofilik Minimum Media (TMM)".

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Elektoda (Plat Zinc dan plat tembaga), kabel capit buaya, botol selai, multimeter digital, paralon, tali tambang kain, lakban, lem lilin, kertas label, alumunium fiol, gelas ukur, beaker glas, tabung reaksi, rak tabung reaksi, Erlenmeyer, lampu Bunsen, spatula, hot plate, timbangan digital, jarum ose, pipet tetes, oven, autoklav, shakaer incubator, lemari pendingin, petri dish, mikropipet dan incubator. Bahan yangdigunakan pada penelitian ini yaitu: bakteri termofilik, aquades, aquades steril, alcohol 70%, medium TMM cair (MgSO4. 7H2O, K2HPO4, (NH4) 2SO4, NaCL, Yeast ekstrak, Pepton, Glukosa), KCL, kapas dan tissue.

Metode Penelitian

a. Pembuatan medium TMM

Komposisi TMM yaitu, MgSO4. 7H2O 0,01%, K2HPO4 0,1%, (NH4) 2SO4 0,35%, NaCL 0,1%, Yeast ekstrak 0,05%, Pepton 0,05%, Glukosa 6%. Kemudian dilarutkan

dengan aquades steril hingga volume 100ml, lalu dipanaskan menggunakan hot plate dengan suhu 500℃ hingga homogen.

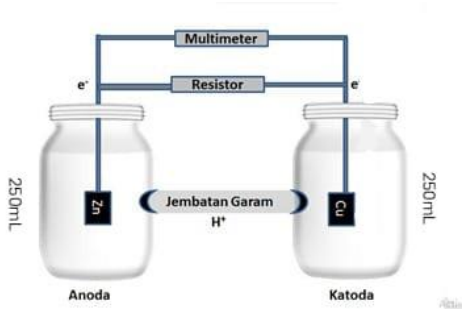
b. Aktifasi bakteri termofilik

Isolat SSA 16 masing-masing diambil sebanyak 5 ose dari agar miring dan dimasukan ke dalam tabung reaksi berisi garam fisiologis (NaCl 0,85%) sebanyak 5 ml, lalu disetarakan dengan larutan *Mc Farland* 0,5. Kemudian sebanyak 5 ml suspensi bakteri dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi medium TMM cair sebanyak 20 ml dan dibuat dua ulangan, lalu diinkubasi selama 24 jam di *incubator shaker* pada suhu 50°C untuk diaktivasi

c. 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.

d. Pembuatan fermentor



Gambar 1. Konstruksi Sistem MFC

Fermentasi konsorsium bakteri termofilik dilakukan didalam Bioreaktor, dipersiapkan 2 toples Menggukan reaktor *dual chamber*, yang terbagi antara kompartemen katoda dan anoda. Kompartemen anoda diisi dengan TMM, sedangkan kompartemen katoda diisi dengan larutan akuades.

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.

e. Pengecekan voltase

Fermentor didalam oven dicek sekali 2 jam selama 24 jam dengan menggunakan multimeter yang disambungkan pada capit buaya. Pengukuran voltase dilakukan diluar oven.

HASIL dan PEMBAHASAN

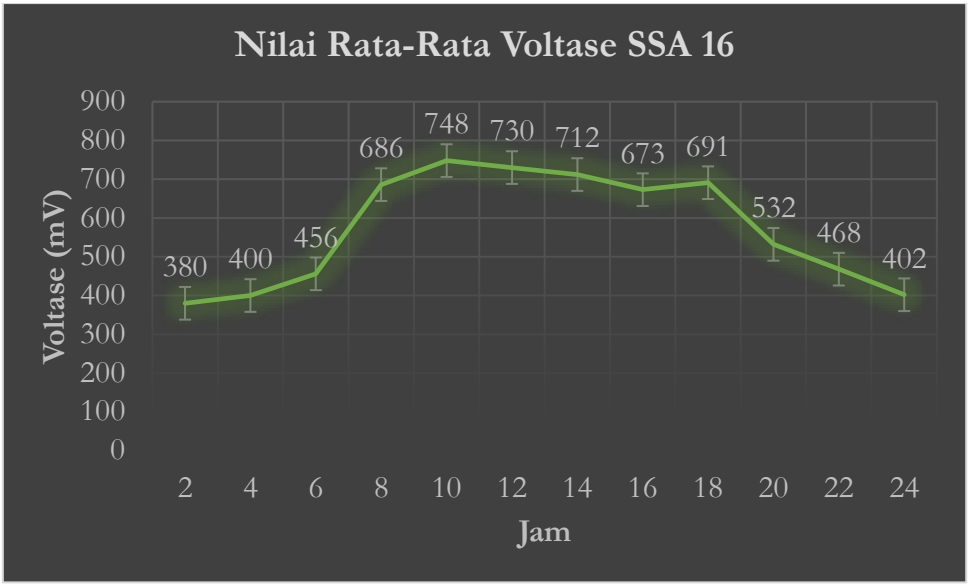
Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan metode inovatif dalam menyediakan sumber energi listrik alternative. MFC secara efektif memanfaatkan aktivitas bakteri untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik dalam kondisi anaerob. Cara kerja bakteri dalam sistem MFC terfokus pada transformasi substrat organik terlarut menjadi proton (H+), CO2, dan elektron. Proses ini menghasilkan energi listrik saat elektron diarahkan ke ruang katoda melalui sirkuit, bersamaan dengan proton dan CO2 di ruang anoda. Inovasi ini membuktikan efisiensi dalam mengonversi aktivitas metabolik bakteri menjadi muatan listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi (Wahyuni *et. al*, 2022).

Prinsip operasi kerja MFC adalah dengan menggunakan mikroorganisme metabolik di anoda untuk mengakatalisis konversi bahan organik menjadi energi listrik dengan mentransfer elektron dianoda melalui kabel dan menciptakan arus katodik. Elektron ditransfer dari anoda diterima oleh ion kompleks katoda dengan memiliki elektron yang bebas. Yang dapat digunakan sebagai elektron adalah zat yang metabolisme mikroba saat melakukan metaboisme, zat hasil mikroba tersebut merupakan senyawa yang mengandung hydrogen (Ananto *et. al,* 2023). Sistem MFC dua bejana pada umumnya menggunakan mediator penukar proton yang berfungsi untuk mengalirkan ion yang dihasilkan dari anoda ke katoda. Mediator penukar proton dapat berupa membran atau jembatan garam (salt bridge) (Ibrahim & Hardiningtyas., 2022).

Table 1. Tabel pengukuran Voltase

JAM	SSA 16 (1)	SSA 16 (2)	RATA - RATA
2	380 V	554 V	467 mV
4	400 mV	544 mV	472 mV
6	456 mV	732 mV	594 mV
8	686 mV	746 mV	716 mV

10	748 mV	749 mV	749 mV
12	730 mV	682 mV	706 mV
14	712 mV	530 mV	621 mV
16	673 mV	672 mV	673 mV
18	691 mV	705 mV	698 mV
20	532 mV	443 mV	488 mV
22	468 mV	421 mV	445 mV
24	402 mV	536 mV	469 mV



Gambar 2. Grafik pengukuran Voltase

Sistem MFC yang diterapkan adalah model dual chamber (dua kamar), yang terdiri dari ruang anoda dan katoda. Dalam MFC konvensional, bakteri berfungsi sebagai katalis (Wrighton et al., 2008). Tugas bakteri mencakup oksidasi bahan organik dan transfer elektron ke anoda, baik secara langsung maupun tidak langsung. Aliran elektron berlanjut melalui rangkaian menuju katoda, di mana elektron tersebut terlibat dalam proses reduksi oksigen (Fu et al., 2013; Logan et al., 2006). Selama proses ini, listrik dihasilkan melalui dekomposisi bahan organik di dalam MFC. Penerapan kondisi termofilik dalam operasional MFC mungkin lebih menguntungkan dibandingkan dengan operasional sel bahan bakar pada suhu normal, terutama dalam hal kinetika reaksi anodik, sehingga meningkatkan kinerja operasional sel bahan bakar secara keseluruhan (Choi et al., 2004).

Berdasarkan hasil pengukuran voltase pada bakteri termofilik selama 24 jam didapatkan hasil voltase paling tinggi pada jam ke 10 pengukuran dengan angka voltase mencapai 749mv Dalam penelitian ini, media yang digunakan dibagian anoda adalah medium TMM sebagai lingkungan pertumbuhan optimal bagi bakteri termofilik. Untuk mendukung pertumbuhan yang efektif, MFC ditempatkan di dalam oven dengan suhu terkendali antara 45℃ hingga 80℃, sesuai dengan rentang suhu yang ideal bagi bakteri termofilik. Faktor - faktor yang mempengaruhi keberhasilan MFC yaitu: Jenis Mikroorganisme, Substrat Organik, Desain Elektroda, Kondisi Lingkungan, dan Sistem Aliran. Adapun faktor-faktor kegagalan yang mempengaruhi MFC yaitu: Kontaminasi, Toksisitas, Kinerja Elektroda yang Buruk, Ketidakstabilan Proses, dan Biodegradabilitas Rendah Substrat.

Bakteri termofilik memiliki potensi besar dalam proses fermentasi dengan berbagai keuntungan jika dibandingkan dengan mikroba mesofilik. Bakteri termofilik bekerja paling baik pada suhu tinggi dan ini menjamin tingkat efisiensi dan produktivitas yang tinggi, seperti yang telah terbukti dalam produksi hidrogen (Zeldes *et al*., 2015).

Berdasarkan penelitian Martosuyono & Rogers (2005)untuk menguji isolat bakteri termofilik yang dihasilkanbioetanol ditumbuhkan pada medium selektif padat TMM(Media Minimum Termofilik). Selain itu, TMM bisajuga dapat digunakan untuk media fermentasi dengan hal yang samakomposisi tanpa menggunakan bakto agar. Komposisimedia TMM mengandung 6% glukosa, dimanaglukosa digunakan sebagai sumber karbon untuk pembentukanetanol dalam penelitian ini. Proses penguraian gulaoleh aktivitas mikroba di mana ikatan kimia darirantai karbon glukosa dan fruktosa dilepaskan satusatu demi satu dan secara kimia dirangkai menjadi molekul etanoldan gas karbon dioksida dan menghasilkan panas.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran voltase pada MFC model dual chamber selama 24 jam menunjukkan bahwa voltase paling tinggi dicapai pada jam ke-10 pengukuran, mencapai 749mV. Penerapan kondisi termofilik dalam operasional MFC dapat meningkatkan kinerja operasional sel bahan bakar secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

Ananto, I. R., Marzuki, I., Wicaksono, I., & Sunyoto, A. (2023). Optimasi Energi Listrik Berbasis Microbial Fuel Cell Berbahan Feses Sapi Menggunakan Rangkaian Seri. *Jurnal JEETech*, *4*(1), 38-47.

Choi, Y., Jung, E., Park, H., Paik, S. R., Jung, S., & Kim, S. (2004). Construction of microbial fuel cells using thermophilic microorganisms, *Bacillus licheniformis* and *Bacillus thermo-glucosidasius*. *Bulletin-Korean Chemical Society*, 25: 813–818.

Fitriana, F., Auliq, M. A. A., Akbar, F., & Mubarok, Z. (2023). BIOELECTRICITY OF COCOA POD WASTE AS A SUBSTRATE IN A DOUBLE CHAMBER MICROBIAL FUEL CELL. *Jurnal Media Elektro*, 93-99.

Fu, Q., Kobayashi, H., Kawaguchi, H., Vilcaez, J., & Sato, K. (2013). Identification of new microbial mediators for electromethanogenic reduction of geologically-stored carbon dioxide. *Energy Procedia*, 37: 7006-7013.

Ibrahim, B., & Hardiningtyas, S. D. (2022). Kinerja Pembangkit Biolistrik Salt Bridge Mirrobial Fuel Cell Variasi Rasio Karagenan-Karboksimetil Selulosa. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *25*(2), 214-225.

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.

Latif, M., Tiy, P. A., Muharam, M., & Luthfi, A. (2023). The Study of Plant Microbial Fuel Cell for Alternative Energy Source. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*.

Logan, 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.

Martosuyono, P., & Rogers, P. L. (2005). Stabilitas Panas Enzim PDC Dari Bakteri Termofil Penghasil Etanol. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, *2*(2), 49-55.

Samudro, G. (2016). Konservasi energi berbasis renewable energy technology dengan pemanfaatan teknologi microbial. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, *13*(2), 57-65.

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.

Wahyuni, I., Heriyono, H., Aisyah, A., Baharuddin, M., & Patunrengi, I. I. (2022). Potensi Energi Listrik dari Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Substrat Molase dan Bakteri Pseudomonas sp. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, *10*(1), 8-13.

Wrighton, K. C., Agbo, P., Warnecke, F., Weber, K. A., Brodie, E. L., DeSantis, T. Z., & Coates, J. D. (2008). A novel ecological role of the Firmicutes identified in thermophilic microbial fuel cells. *The ISME journal*, 2(11): 11461156.