



Performa *Microbial Fuel Cell* (MFC) bersubstrat Sedimen Teluk Kendari dalam Menghasilkan Tenaga Listrik dengan Variasi Jenis Elektroda

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Muhammad Hijir Al Gazali Universitas Sulawesi Tenggara hijir-al-gazali@un-sultra.ac.id Feri Ichsan Susilo Universitas Halu Oleo Fer292929@gmail.com Ahmad Zaeni Universitas Halu Oleo ahmad.zaeni@gmail.com	ISSN: xxxx-xxxx Vol. 1, No. 1 Oktober 2023 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst

© 2023 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Al Gazali, M. H., Susilo, F. I., & Zaeni, A. (2023). Performa *Microbial Fuel Cell* (MFC) bersubstrat Sedimen Teluk Kendari dalam Menghasilkan Tenaga Listrik dengan Variasi Jenis Elektroda. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 1 (1), 1-6.

Abstrak

Penelitian mengenai performa *Microbial Fuel Cell* (MFC) bersubstrat sedimen teluk Kendari dalam menghasilkan tenaga listrik dengan variasi jenis elektroda telah dilakukan. Sedimen dipilih sebagai substrat MFC karena telah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya sebagai bahan yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik menggunakan teknologi MFC. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis elektroda yang berbeda, elektroda karbon (C) dan elektroda paduan tembaga-karbon (Cu/C), untuk merancang dua jenis MFC. Selain itu jenis oksidator yang digunakan adalah kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$. Hasil pengamatan secara umum memperlihatkan bahwa MFC substrat sedimen menghasilkan voltase yang terus meningkat dari waktu ke waktu selama 36 jam. Selain itu tercatat juga bahwa MFC elektroda C memproduksi tegangan listrik maksimal lebih tinggi dari MFC elektroda Cu/C. MFC elektroda C menghasilkan tegangan maksimal sebesar 432 mV sedangkan MFC elektroda Cu/C sebesar 348 mV. Hal ini memberikan informasi yang dapat menjadi pertimbangan untuk menentukan metode dalam penelitian lebih lanjut.

Kata kunci: MFC, elektroda karbon, elektroda paduan, sedimen teluk Kendari

Abstract

Research concerning Kendari Bay Sediment Microbial Fuel Cell performance in electricity generation by variation of electrodes type has been conducted. Sediment was used as MFC's substrate due to a previous reported experiment revealed that MFC was able to be used to generate electricity by applying MFC technology. In this research, there were two kinds of electrode, carbon electrode (C) and copper-carbon electrode (Cu/C), to assemble two types of MFC. Beside that, chemical substance chosen as oxidator was potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$. The result revealed that both kinds of sediment substrate-MFC produce a voltage which progressively increase in 36 hours. Based on the result it was also recorded that C electrode-MFC generate maximum voltage higher than Cu/C electrode-MFC. the C electrode-MFC created a maximum voltage about 432 mV while that of Cu/C electrode-MFC was about 348 mV. This was sort of information to consider for determining a selected method for further research.

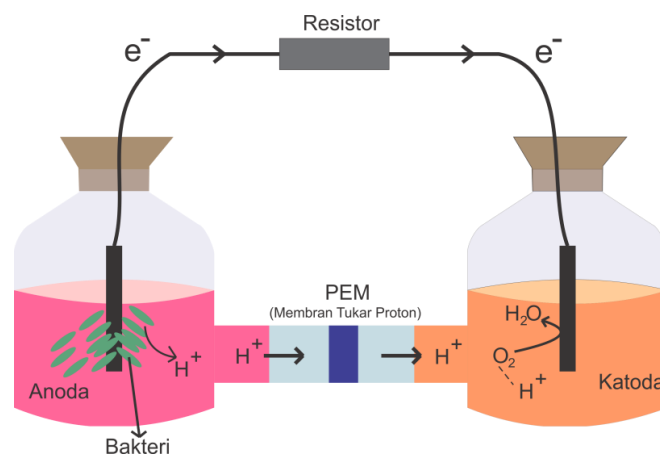
Keyword: MFC, carbon electrode, copper-carbon electrode, Kendari Bay Sediment

A. Pendahuluan

Isu tentang energi dan lingkungan tengah melanda dunia hingga beberapa tahun ke depan. Dengan demikian suatu upaya pembangunan berkelanjutan salah satunya harus segera memprioritaskan pemanfaatan sumber energi terbarukan dan juga keamanan lingkungan. Ancaman masalah lingkungan dan energi khususnya terkait polusi dan emisi gas-gas karbon seolah menjadi "alarm" agar segera dilakukan upaya transisi dari penggunaan bahan bakar fosil ke penggunaan sumber energi terbarukan. Penggunaan bahan bakar fosil selama bertahun-tahun telah berdampak pada penipisan persediaan sumber daya dan juga menyebabkan terjadinya fenomena "global warming" (Roy et al., 2023).

Persoalan energi masih begitu menarik perhatian para peneliti hingga saat ini. Olehnya itu berbagai upaya dan riset terus dilakukan untuk membuahkan solusi nyata bagi penanggulangan masalah energi. Salah satu riset yang dilakukan terkait isu energi adalah penerapan teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang dikenal juga sebagai *sel bahan bakar berbasis mikroba*. Penggunaan sumber energi alternatif yang dapat terus berkelanjutan begitu menarik perhatian di masa sekarang ini. Potensi teknologi berbasis bio-elektrokimia untuk menghasilkan energi dan sekaligus menyisihkan polutan dari air limbah dengan menggunakan metabolisme bakteri menjadikan teknologi ini begitu diperhitungkan sebagai solusi alternatif ramah lingkungan bagi upaya pemenuhan kebutuhan energi listrik (Gude 2016; Bhowmik et al., 2023).

MFC merupakan sejenis *fuel cell* yang secara khusus memanfaatkan aktivitas natural bakteri yang dapat menghasilkan energi listrik (Naseer et al., 2021). MFC menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan elektron yang dihasilkan oleh reaksi-reaksi biokimia yang dikatalisasi oleh bakteri. MFC tersusun oleh dua bilik yaitu bilik anoda dan bilik katoda yang dipisahkan oleh sebuah membran proton (ion H^+) (Ali et al., 2021). Sejumlah elektron dilepaskan oleh bakteri yang ada dalam limbah di bilik anoda kemudian bergerak mengalir di sepanjang sirkuit eksternal (rangkain listrik) ke arah katoda. Setiap kali sebuah elektron mengalir sebuah proton dari lingkungan anoda akan bergerak menembus membran lalu mencapai katoda (Pandit dan Das, 2018). Berikut salah satu desain MFC.



Gambar 1. Desain MFC dua bilik (dual chamber) oleh Naha et al (2023)

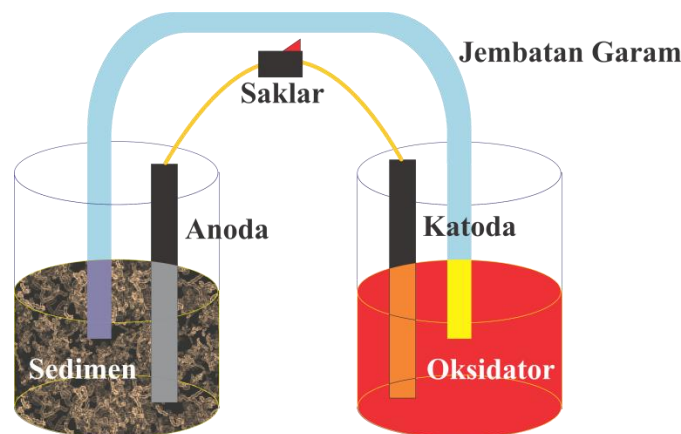
MFC memiliki keistimewaan dibanding teknologi produksi energi lainnya yakni kemampuan yang tinggi dalam mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik, dapat beroperasi dalam berbagai temperatur (20-40°C) and yang paling utama yakni MFC tidak memerlukan suplai oksigen secara khusus menggunakan energi listrik (Kumar et al., 2017). Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai substrat atau sumber elektron bagi MFC adalah sedimen laut. Hal ini sebagaimana yang pernah dilakukan oleh Sudarman et al (2020). Sedimen diambil dari kawasan teluk Kendari di beberapa titik. Sedimen teluk kendari memiliki sejumlah kandungan bahan organik dan adanya sejumlah bakteri yang terdapat secara alamiah. Dengan menyusun beberapa sel MFC susbtrat sedimen, voltase (tegangan listrik) maksimum yang dihasilkan sebesar 2.174 mV. Keterlibatan aktivitas bakteri dalam menghasilkan listrik pada sistem MFC ditunjukkan oleh menurunnya kadar bahan organik (C-Organik) dalam sedimen antara sebelum dan setelah digunakan sebagai substrat MFC, yakni 2,78% menjadi 2,68%.

Salah satu komponen penting dalam rangkaian MFC ialah elektroda. Elektroda terdiri atas anoda dan katoda (gambar 1). Anoda adalah elektroda yang akan dilekati oleh bakteri dan akan menjadi titik awal aliran elektron sedangkan katoda adalah elektroda yang menjadi titik akhir aliran elektron yang akan menimbulkan reaksi reduksi ion oksigen (O_2) menjadi air (H_2O). Dengan demikian penetapan jenis elektroda yang akan digunakan dalam sistem MFC merupakan objek pengamatan yang penting.

B. Metodologi

Alat-alat yang digunakan meliputi peralatan untuk pengambilan sampel sedimen di teluk Kendari (sekop kecil, sarung tangan medis, wadah), peralatan dalam pembuatan rangkaian dan pengukuran potensial listrik MFC antara lain gelas kimia, selang *water pass*, kabel tunggal N.Y.A eterna (1 x 2,5 mm), elektroda karbon grafit, serbuk karbon, plat tembaga dan multimeter. Rangkaian MFC dibuat dengan model dua bilik (*dual chamber*) merujuk pada Holmes et al (2004).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sampel sedimen Teluk Kendari, asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), baterai tipe D bekas, serbuk karbon, serta agar dan kalium klorat (KCl) untuk membuat jembatan garam.



Gambar 2. MFC sistem dua bilik (*dual chamber*)

Preparasi dua jenis elektroda

1. Elektroda karbon (C)

Elektroda batang grafit yang diperoleh dari baterai, sebelum digunakan dalam MFC dinetralkan terlebih dahulu dengan perlakuan merujuk kepada Holmes et al (2004) yakni seperti berikut. Batang karbon direndam dalam HCl 1N selama 1 hari kemudian dibilas akuades. Selanjutnya direndam lagi dalam NaOH 1N selama 1 hari kemudian dibilas kembali dengan akuades. Setelah itu batang karbon direndam dalam akuades sampai saat akan digunakan sebagai elektroda MFC (elektroda karbon batang).

2. Elektroda paduan tembaga karbon (Cu/C)

Elektroda paduan logam tembaga dipersiapkan dengan langkah sebagai berikut. Serbuk karbon halus (jenis grafit) dicampurkan ke dalam larutan PVA 10% hingga membentuk larutan karbon grafit yang dapat merekat. Selanjutnya larutan serbuk karbon direkatkan pada

permukaan lempeng tembaga tipis berukuran 5 cm x 3 cm hingga 2/3 permukaannya tertutupi karbon. Setelah itu elektroda paduan dikeringkan hingga siap digunakan.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil

MFC dengan substrat sedimen yang diambil dari teluk Kendari dibuat dengan variasi jenis elektroda, yakni elektroda karbon (grafit) dan elektroda paduan tembaga dan karbon (Cu/C).



Gambar 3. Elektroda MFC: (a) elektroda karbon, C dan (b) elektroda paduan, Cu/C

Variasi jenis elektroda ini berimplikasi pada perbedaan nilai voltase yang dihasilkan untuk setiap interval waktu tertentu, seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kenaikan nilai voltase yang dihasilkan MFC sebagai fungsi waktu

Elektroda	Voltase (mV)							
	0 jam	4 jam	8 jam	12 jam	24 jam	28 jam	32 jam	36 jam
Karbon (C)	39	267	360	355	416	401	450	432
Cu/C	154	214	248	276	321	331	343	348

Pembahasan

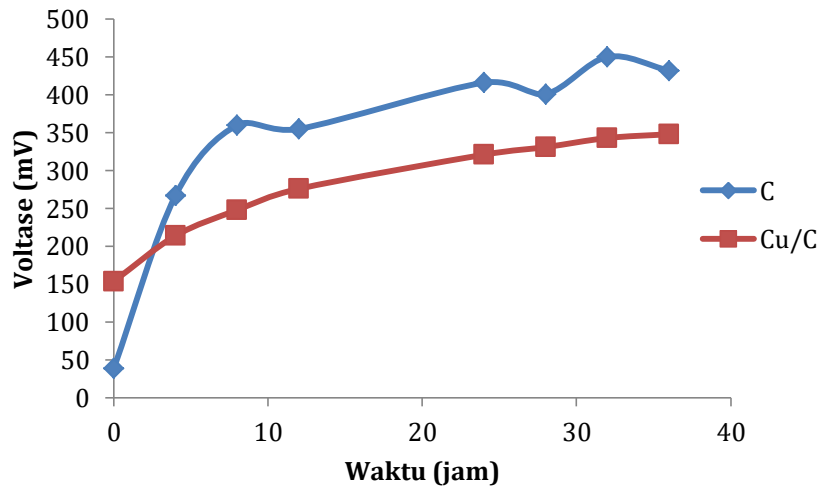
1. Peningkatan Voltase MFC

Penelitian dilakukan dengan mempersiapkan dua jenis elektroda, yakni elektroda berupa karbon batang jenis grafit yang diperoleh dari baterai bekas (tipe D) dan elektroda yang dibuat dengan perpaduan lempeng tembaga dan karbon. Kedua jenis elektroda kemudian masing-masing digunakan untuk setiap varian sel MFC.



Gambar 4. Pengukuran voltase MFC: (a) elektroda karbon, C dan (b) elektroda paduan, Cu/C

MFC bekerja dengan memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroba yang terdapat dalam sedimen. Di dalam bahan sedimen (lumpur) yang diperoleh dari kawasan pinggiran laut terdapat sejumlah koloni bakteri secara alami (Reimers dkk., 2001). Koloni bakteri ini kemudian mendegradasi senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam sedimen. Dengan menggunakan bahan sedimen sebagai substrat MFC, maka sejumlah elektron yang dihasilkan dari proses metabolisme bakteri terhadap bahan-bahan organik dalam sedimen dapat dimanfaatkan untuk menciptakan energi listrik. Sebagaimana pada grafik berikut (gambar 5), secara umum MFC memperlihatkan kecenderungan kenaikan besaran voltase (mV) sebagai fungsi waktu. Peningkatan nilai voltase MFC dalam rentang waktu tertentu berkaitan erat dengan proses pembentukan biofilm pada permukaan anoda.



Gambar 5. Voltase yang dihasilkan MFC dengan variasi elektroda

Biofilm terbentuk diawali dengan pelekatan sel bakteri pada permukaan anoda. Kemudian sel tunggal bakteri mengalami proses penggandaan diri secara eksponensial menghasilkan lebih banyak sel dan selanjutnya mengalami proses pematangan dan terakhir terjadi proses dispersi atau persebaran sel-sel bakteri (Aparna & Yadaf, 2008). Pembentukan biofilm di fase awal ini berlangsung secara cepat di mana sel-sel bakteri memanfaatkan zat-zat nutrisi yang tersedia dalam limbah untuk bertahan hidup. Di tahap awal pembentukan biofilm ini aktivitas bakteri sedang berlangsung dengan intensitas tinggi sehingga elektron-elektron yang dihasilkan akibat aktivitas metabolisme bakteri pun cukup besar jumlahnya. Hal inilah yang menyebabkan voltase dari kedua jenis MFC di atas cenderung terus mengalami peningkatan. Dengan kata lain *trend* voltase yang ditampilkan pada grafik (gambar 5) di atas merepresentasikan kondisi permukaan anoda yang sedang dalam tahap awal pembentukan biofilm.

2. Performa MFC variasi jenis elektroda

MFC substrat sedimen dengan variasi elektroda yang berbeda menghasilkan besaran voltase yang berbeda pula, meski menggunakan substrat dan jenis oksidator yang sama ($K_2Cr_2O_7$). Berdasarkan pola kenaikan voltase yang diperlihatkan pada grafik (gambar 5), MFC dengan elektroda karbon menghasilkan *trend* kenaikan voltase lebih besar dibandingkan MFC dengan elektroda paduan tembaga-karbon. Berdasarkan hasil pengukuran, MFC elektroda karbon menghasilkan voltase tertinggi sebesar 432 mV sedangkan MFC elektroda paduan tembaga-karbon sebesar 348 mV, di mana keduanya diukur selama 36 jam. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh besar resistansi (hambatan listrik) yang cukup signifikan pada MFC elektroda paduan tembaga-karbon dibandingkan dengan elektroda karbon.

Elektroda karbon yang diperoleh dari baterai bekas merupakan karbon dengan jenis alotrop grafit. Grafit merupakan jenis alotrop karbon yang memiliki kemampuan menghantarkan listrik yang baik. Adapun jenis elektroda paduan tembaga-karbon diperkirakan memiliki hambatan listrik cukup besar sebagai akibat keberadaan jenis zat lain dalam paduan tersebut yang tidak begitu bagus dalam menghantarkan listrik, yaitu zat PVA (polivinil alkohol) yang merupakan bahan polimer bersifat isolator yang digunakan sebagai perekat serbuk karbon dan tembaga.



Gambar 5. Pembuatan elektroda paduan tembaga-karbon, Cu/C

Elektroda paduan tembaga-karbon didesain berbentuk lempengan dengan luasan tertentu dimaksudkan agar menciptakan luas permukaan yang lebih memadai bagi proses pelekatan bakteri dan pembentukan biofilm. Lapisan karbon berperan sebagai tempat yang sesuai bagi pertumbuhan bakteri/biofilm dan tembaga sebagai penghantar elektron yang baik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, elektroda karbon batang memberikan performa lebih maksimal dibandingkan elektroda paduan. Hal ini menjadi suatu informasi dan bahan pertimbangan yang baik untuk menentukan metode dalam riset selanjutnya terkait jenis elektroda MFC.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan MFC mampu membangkitkan energi listrik dengan menggunakan sedimen teluk Kendari sebagai substratnya serta dengan kedua jenis elektroda yang berbeda, elektroda karbon dan elektroda paduan tembaga-karbon. Hasil pengamatan memperlihatkan MFC dengan elektroda karbon memberikan performa yang lebih baik dibandingkan MFC dengan elektroda paduan dalam hal produksi voltase (tegangan listrik). MFC elektroda karbon menghasilkan voltase maksimum sebesar 432 mV sedangkan MFC elektroda paduan sebesar 348 mV.

E. Referensi

- Ali, A.K., Ali, M.E., Younes, A.A., Farag, A. (2021). Proton exchange membrane based on graphene oxide/polysulfone hybrid nano-composite for simultaneous generation of electricity and wastewater treatment. *J. Hazard. mater.*, 419, 126420.
- Aparna, M.S., & Yadaf, S. (2008). Biofilms: Microbes and Disease. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 12(6), 526-530.
- Bhowmik, D., Chetri, S., Enerijioti, K.E., Naha, A., Kanungo, T.D., Shah, M.P., Nath, S. (2023). Multitudinous approaches, challenges and opportunities of bioelectrochemical system in conversion of waste to energy from wastewater treatment plants. *Clean. Circ. Bioecon.*, 100040.
- Gude, V.G. (2016). Wastewater treatment in microbial fuel cells-an overview. *J. Clean. Prod.* 122, 287-307
- Holmes, D.E., Bond, D.R., O'Neil, R.A., Reimers, C.E., Tender, L.M., Lovley, D.R. (2004). Microbial Community Associates with Electrodes Harvesting Electricity from a Variety of Aquatic Sediments. *Microbes. Ecol.*, 48(2), 178-190.
- Kumar, R., Singh, L., Zularisam, A. (2017). Microbial fuel cells: types and applications. In: Waste Biomass management-A Holistic Approach. *Springer*, 367-384.
- Naha, A., Debroy, R., Sharma, D., Shah, M.P., Nath, S. (2023). Microbial fuel cell: A state-of-the-art and revolutionizing technology for efficient energy recovery. *Clean and Circular Bioeconomy*, 5, 100050.
- Naseer, M.N., Zaidi, A.A., Khan, H., Kumar, S., Owais, M.T., Jaafar, J., Suhaimin, N.S., Wahab, Y.A., Dutta, K., Asif, M., Hatta, M.W., Uzair, M. (2021). Mapping the field of microbial fuel cell: A quantitative literature review (1970-2020). *Energy Reports*, 7, 4126-4138.
- Pandit, S., & Das, D. (2018). Principles of microbial fuel cell for the power generation. In: *Microbial Fuel Cell. Springer*, 21-41.
- Reimers, C.E., Tender, L.M., Fertig, S., Wong, W. (2001). Harvesting Energy from The Marine Sediment-Water Interface. *Environ. Sci. Technol.*, 35, 192-195.
- Roy, H., Rahman, T.U., Tasnim, N., Arju, J., Rafid, M.M., Islam, M.R., Pervez, M.N., Cai, Y., Naddeo, V., Islam, M.S. (2023). Microbial fuel cell construction features and application for sustainable wastewater treatment. *Membranes*, 13, 490.
- Sudarman, R., Zaeni, A., Usman, I., Alwahab, Hidayatullah, I. (2020). Optimalization of electricity generation from marine sediment of Kendari Bay using stacked sediment microbial fuel cell. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1450012111