



PEMANFAATAN JERAMI DAN BUAH LONTAR SEBAGAI SUBSTRAT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *MICROBIAL FUEL CELL*

Basmento, Hernita Sapitriani, Nurfadhilah Jusman, Sahara, dan Jasdar Agus

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin
Makassar*

email: basmento02@gmail.com

INFO ARTIKEL

Status artikel:

Diterima: 28 Mei 2021

Disetujui: 29 Juni 2021

Tersedia online: 2 Juli 2021

Keywords: Straw, Borassus
fruit, MFC, Power density,
Dual chamber.

ABSTRACT

The increasing energy consumption is not directly proportional to the availability of energy. This encourages the continued development of alternative energy sources to replace fossil energy sources. In this research, a Microbial Fuel Cell (MFC) will be made as an alternative energy source that metabolism of bacteria to produce electrical energy. Microbial Fuel Cell (MFC) is made by varying the type of substrate. The type of substrate used is made of straw and borassus fruit extract. In this study, the MFC design uses a dual-chamber system consisting of an anode compartment and a cathode compartment. Analysis of the effect of substrate variations on MFC performance can be seen from the measurement data of current and voltage using a digital multimeter based on the length of time working with the addition of resistance and without resistance which is used to determine the power density value. The measurement results showed that the highest power density for straw substrate was obtained at 1st hour measurement, which a value of 770.1 mW/m² for the addition of external resistance and 401.6 mW/m² without external resistance. Meanwhile, for the borassus fruit extract substrate, the highest power density was obtained at 29 hours of 594.1 mW/m² using external resistance and 364.9 mW/m² without external resistance. The resulting power density value is higher than previous studies so that the straw and borassus fruit extract substrate has a great potential to be used as a substrate in MFC technology.

1. PENDAHULUAN

Salah satu provinsi di Indonesia dengan sumber daya alam yang sangat melimpah baik dalam sektor pertanian maupun perikanan adalah Sulawesi selatan. Sulawesi Selatan memiliki potensi di sector pertanian yang berasal dari padi dan lontar. Badan Pusat Statistik (2018) mengatakan jika Sulawesi Selatan memiliki jumlah produksi padi mencapai 5,13 juta ton dengan kabupaten Bone, kabupaten Pinrang dan kabupaten Wajo menduduki produksi padi tertinggi. Maka dari itu, Sulawesi Selatan memperoleh peringkat keempat sebagai produksi padi tertinggi nasional. Hasil utama padi berupa beras sebagai makanan pokok masyarakat. Selain itu ada hasil buangan seperti jerami dan sekam dari produksi padi.

Jerami merupakan salah satu hasil buangan dari produksi padi yang termasuk kategori kayu lunak dengan komponen utama yaitu selulosa. Akibat dari produksi padi setiap kali panen dapat menghasilkan 12-15 ton jerami padi sehingga dari hasil pengolahan padi terjadi peningkatan limbah. Saat ini, jerami padi belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya berpusat pada pakan ternak saja. Jerami padi juga dijadikan pupuk atau dibakar (Ginting, 2013). Jerami padi yang dibakar dapat menghasilkan gas berbahaya jika dihirup seperti CO₂, NOX dan SOX. Selain itu, dampak pembakaran juga merusak lingkungan dan merusak lapisan ozon sebagai penyebab gas rumah kaca.

Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman (2010). Produksi lontar terbesar kedua berasal dari Sulawesi Selatan setelah Nusa Tenggara Timur. Beberapa kabupaten yang menjadi sentra produksi lontar yaitu kabupaten Jeneponto, kabupaten Gowa, kabupaten Takalar dan kabupaten Bone. Kandungan senyawa dari lontar dan jerami seperti protein, karbohidrat dan lemak yang diperlukan oleh makhluk hidup pada proses metabolisme dan pertumbuhan.

Jenis karbohidrat yang terkandung pada jerami dan lontar yaitu selulosa dan glukosa dalam jumlah besar. Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada jerami sebesar 34,2 % dan 24,5 % (Novia, 2014). Sedangkan lontar memiliki kandungan glukosa antara 10 – 15 % (Irmayuni, E. 2018). Kedua kandungan tersebut yakni glukosa dan selulosa merupakan sumber makanan bagi bakteri pada proses metabolisme bakteri. Salah satu alat yang digunakan memanfaatkan bakteri yakni *Microbial Fuel Cell* atau MFC sebagai katalis sehingga menghasilkan energi listrik (Yogaswara, dkk. 2017). Energi listrik dapat diperoleh dengan menggunakan sistem bio-elektrokimia pada MFC dengan adanya elektron dari reaksi kimia dan biologi melalui proses penguraian zat dalam tubuh bakteri secara alami (Akbar, dkk. 2017).

Bakteri *Saccharomyces Cerevisiae* merupakan bakteri yang paling sering dimanfaatkan sebagai katalis. Bakteri tersebut termasuk ke dalam golongan genus khamir atau ragi. Dikarenakan bakteri *Saccharomyces Cerevisiae* lebih adaptif terhadap jenis substrat sehingga dapat dikatakan performanya stabil sebagai substrat dalam pembuatan alat MFC. Bakteri *Saccharomyces Cerevisiae* mempunyai kemampuan dalam mengubah senyawa glukosa menjadi karbon dioksida seperti yang

dilakukan Utami, dkk (2018) dalam penelitiannya dengan mengubah limbah kulit pepaya dalam MFC sebagai substrat yang memanfaatkan *Saccharomyces Cerevisiae* sehingga menghasilkan kerapatan daya yakni $121,70 \text{ mW/m}^2$.

Selain bakteri, untuk meningkatkan kinerja alat MFC yaitu dengan menggunakan larutan elektrolit yang sesuai dengan konsentrasi yang tepat (Muftiana, dkk. 2018). Potensial standar larutan sangat dipengaruhi oleh larutan elektrolit yang berdampak terhadap tegangan yang dihasilkan. Larutan elektrolit yang umum digunakan yakni kalium permanganate (KMnO_4) yang termasuk ke dalam oksidator kuat dengan potensial reduksi sebesar 1,7 V. Penelitian L Utami (2018) dengan katoda yang berisi KMnO_4 0,1 M dengan menggunakan substrat limbah kulit pisang dapat menghasilkan kerapatan daya sebesar $31,9 \text{ mW/m}^2$.

Jembatan garam (*salt bridge*) merupakan pemisah antara ruang katoda dan ruang anoda agar tidak tercampur yang berfungsi sebagai tempat pertukaran proton dan proses difusi (Akbar. 2017). Penelitian Maswati, B. dkk (2019) dengan menggunakan jembatan garam yang terbuat dari campuran agar-agar dan KCL 0,1 M dimasukkan ke dalam pipa PVC sebagai wadah jembatan garam. Hasil yang diperoleh terbukti baik karena KCL mempunyai nilai produktivitas listrik yang tinggi. Substran yang digunakan yakni eceng gondok dengan bakteri *Pseudomonas sp.* Sehingga menghasilkan arus dan tegangan masing-masing 3,06 mA dan 0,84 V.

Faktor yang juga mempengaruhi kerapatan daya dan efisiensi dari kinerja MFC yakni proses transport electron membrane mikroba ke permukaan elektroda. Maka elektroda yang digunakan sebaiknya mempunyai sifat penghantar listrik yang baik, memiliki keseimbangan antara unsur kimiawi dan mekanik serta tidak mudah mengalami korosi sehingga dapat digunakan untuk pengembangan MFC dengan menghasilkan nilai kerapatan daya yang maksimal (Akbar, dkk. 2017). Untuk itu, elektroda yang digunakan yaitu batu baterai sebagai elektroda grafit dikarenakan daya hantar yang tinggi seperti penelitian yang dilakukan Hayati, dkk. (2015) yang menggunakan grafit baterai bekas untuk digunakan di dalam ruang katoda dan ruang anoda.

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengolah dan memanfaatkan limbah jerami dan lontar sebagai bahan substrat pada alat *Microbial Fuel Cell* (MFC). Kemudian dilanjutkan dengan mengukut arus dan tegangan listrik yang dilakukan dengan dua cara yakni memasang hambatan eksternal dan tanpa memasang hambatan eksternal pada alat sebagai pembanding listrik yang dihasilkan diantara keduanya. Serta dilakukan pengujian kerapatan daya sebagai target dalam pengembangan MFC dengan mengetahui kualitas substrat dan desain MFC.

2.METODE PENELITIAN

Desain *Microbial Fuel Cell* (MFC) pada penelitian ini menggunakan sistem *dual chamber* dengan memvariasikan jenis substrat. Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu jerami padi, sari buah lontar, *Saccharomyces cerevisiae*, KMnO_4 ,

aquades, agar-agar, KCl, pipa PVC, elektroda grafit baterai, HCl, NaOH, kawat tembaga, multimeter digital dan resistor.

Preparasi Substrat

Jenis substrat yang digunakan terbuat dari jerami padi dan sari buah lontar. Substrat jerami padi dibuat dengan merendam jerami padi selama 24 jam sampai teksturnya menjadi lunak, kemudian dihancurkan menggunakan blender dengan penambahan 500 ml aquades. Substrat sari buah lontar dibuat dengan memerah buah lontar yang sudah tua kemudian ditambahkan 500 ml nira lontar. Substrat kemudian diisi pada kompartemen anoda dengan penambahan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* masing-masing sebanyak 12 gr.

Preparasi Elektroda Grafit

Elektroda grafit yang digunakan berasal dari batang karbon baterai yang terlebih dahulu direndam dalam larutan HCl 1 M dan NaOH 1 M masing-masing selama 24 jam, dan dibilas dengan aquades. Elektroda grafit dililitkan pada kawat tembaga, kemudian dirangkai pada kompartemen anoda.

Pembuatan Jembatan Garam (*Salt bridge*)

Jembatan garam dibuat dengan melarutkan 5 gr agar-agar dalam 100 ml aquades kemudian dipanaskan. Larutan kemudian ditambahkan KCl sebanyak 3 gr dan dihomogenkan, lalu dituang pada cetakan pipa PVC.

Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit dibuat dengan melarutkan 47,4 gr KMnO_4 ke dalam 300 ml aquades kemudian dihomogenkan. Larutan elektrolit yang telah dibuat kemudian diisi pada kompartemen katoda yang berfungsi sebagai mediator elektron.

Pembuatan Alat *Microbial Fuel Cel* (MFC)

Elektroda grafit yang telah dililit pada kawat tembaga dipasang pada masing-masing kompartemen anoda dan katoda, kemudian jembatan garam disambungkan diantara kompartemen anoda dan katoda. Pastikan kompartemen tidak bocor ketika diisi substrat. Pada kompartemen katoda dilapisi aluminium foil agar tidak tembus cahaya. *Microbial Fuel Cel* (MFC) yang telah dirangkai dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. a) *Microbial Fuel Cel* (MFC) dengan substrat jerami padi b) *Microbial Fuel Cel* (MFC) dengan substrat sari buah lontar c) Pengukuran arus dan tegangan pada *Microbial Fuel Cel* (MFC)

Pada gambar 1(c) dilakukan pengukuran kuat arus dan tegangan menggunakan multimeter digital dengan penambahan hambatan eksternal dan tanpa hambatan eksternal pada masing-masing substrat. Dari data kuat arus dan tegangan yang dihitung berdasarkan lama waktu kerja MFC, digunakan untuk mengetahui kinerja MFC berdasarkan nilai kerapatan daya yang didapatkan dari perhitungan daya per satuan luas kompartemen anoda. Kerapatan daya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

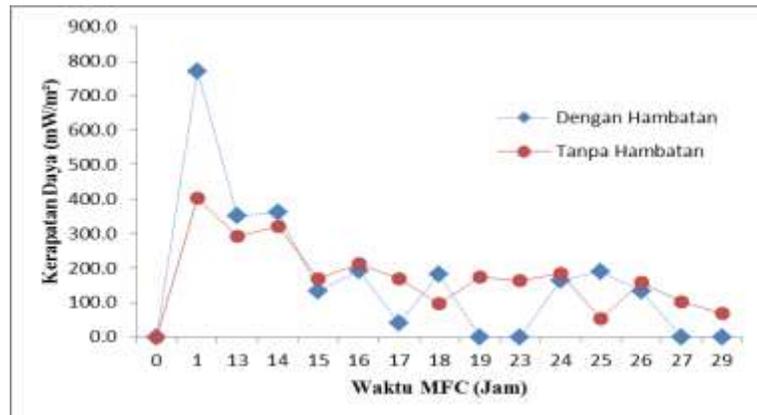
$$\text{Kerapatan Daya (W/m}^2\text{) tanpa hambatan} = \frac{I \text{ (A)} \times V \text{ (Volt)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan Daya (W/m}^2\text{) dengan hambatan} = \frac{I \text{ (A)} \times R \text{ (\Omega)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan daya diperoleh dari hasil pengukuran arus dan tegangan listrik pada MFC menggunakan multimeter digital. pengukuran MFC dilakukan setiap satu jam pada masing-masing substrat. Substrat pertama menggunakan jerami dapat dilihat pada gambar 2, kerapatan daya diperoleh 770,1 mW/m² untuk rangkaian menggunakan resistor dan 401,6 mW/m² tanpa resistor pada lama waktu 1 jam. Kerapatan daya tersebut lebih tinggi dibanding penelitian yang dilakukan Mirnawati et al. (2019).

Pengukuran selanjutnya, kerapatan daya mengalami penurunan pada MFC menggunakan resistor dan tanpa resistor. Hal ini disebabkan mikroba telah melalui fase adaptasi dan fase puncak pembelahan sel. Akibatnya energi yang diperoleh tidak sebesar pada pengukuran pertama.

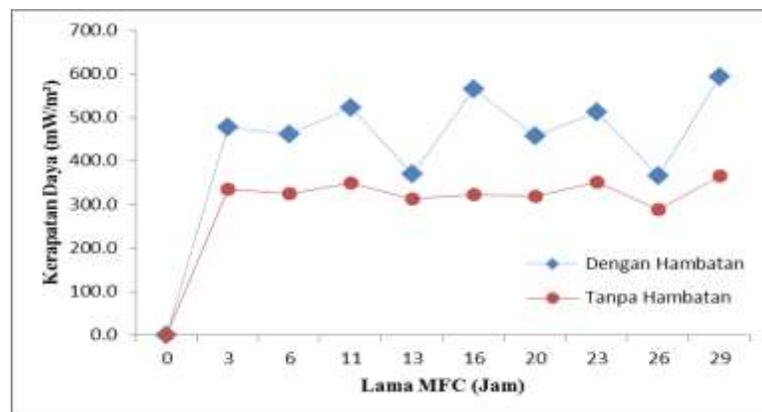


Gambar 2. Kerapatan daya MFC menggunakan substrat jerami

Pada substrat jerami kerapatan daya berbanding terbalik dengan lama waktu pengukuran. Hal ini terlihat pada gambar 2 dimana nilai terbaik diperoleh pada pengukuran 1 jam sementara pengukuran selanjutnya mengalami penurunan.

Penurunan secara eksponensial terjadi karena mikroba telah memasuki fase kematian. Akibatnya mikroba tidak memiliki energi untuk menghasilkan arus dan tegangan listrik. Hal ini dapat dilihat pada lama waktu pengukuran 29 jam, kerapatan daya yang diperoleh 0 mW/m^2 menggunakan resistor dan 67 mW/m^2 tanpa resistor.

Kerapatan daya 0 mW/m^2 disebut sebagai fase kematian mikroba. Jerami termasuk polisakarida yang memiliki ikatan yang kuat sehingga mikroba membutuhkan energi yang besar untuk mengurainya. Akibatnya mikroba menjadi lebih cepat kehabisan energi dan hanya bertahan hingga 29 jam.



Gambar 3. Kerapatan daya MFC menggunakan substrat sari buah lontar

Pada gambar 3 dilakukan pengukuran substrat buah lontar. Pada pengukuran pertama, diperoleh kerapatan daya 478 mW/m^2 menggunakan resistor dan $334,4 \text{ mW/m}^2$ tanpa resistor. Penambahan resistor pada rangkaian menghasilkan kerapatan daya MFC yang lebih tinggi.

Pengukuran selanjutnya menghasilkan kerapatan daya lebih besar $523,3 \text{ mW/m}^2$ menggunakan resistor dan $349,6 \text{ mW/m}^2$ tanpa resistor. Hal ini disebabkan karena mikroba memasuki fase adaptasi. Fase puncak diperoleh pada pengukuran 29 jam dengan $594,1 \text{ mW/m}^2$ menggunakan resistor dan $364,9 \text{ mW/m}^2$ tanpa resistor.

Nilai tersebut lebih baik dibanding penelitian Utari et al. (2014) dan Utami et al. (2019). Mikroba *saccharomyces cerevisia* juga mampu menguraikan berbagai senyawa organik terutama glukosa. Selain itu, penggunaan larutan elektrolit KMnO_4 juga meningkatkan kinerja MFC karena memiliki potensial reduksi standar yang cukup tinggi yaitu 1,7 V.

Grafik pengukuran substrat buah lontar menunjukkan peningkatan secara eksponensial. Buah lontar mengandung glukosa yang termasuk kedalam monosakarida. Hal ini membuat mikroba lebih mudah untuk mengurai substrat. Hasilnya mikroba mampu bertahan dan tetap menghasilkan energi hingga 29 jam pengukuran.

4. SIMPULAN

Telah dilakukan penelitian pemanfaatan jerami dan sari buah lontar sebagai substrat menggunakan teknologi MFC menggunakan dua metode yaitu dengan penambahan hambatan eksternal $1\text{K}\Omega$ dan tanpa hambatan eksternal. Untuk substrat jerami diperoleh kerapatan daya tertinggi pada lama waktu 1 jam dengan nilai sebesar $770,1 \text{ mW/m}^2$ untuk penambahan hambatan eksternal dan $401,6 \text{ mW/m}^2$ tanpa hambatan eksternal. Sementara untuk substrat sari buah lontar diperoleh kerapatan daya tertinggi pada lama waktu 29 jam sebesar $594,1 \text{ mW/m}^2$ dengan menggunakan hambatan eksternal dan $364,9 \text{ mW/m}^2$ tanpa hambatan eksternal. Nilai kerapatan daya yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya sehingga substrat jerami dan buah lontar memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai substrat MFC.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada tim MFC, dosen pembimbing serta laboratorium fisika UIN Alauddin.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, T.N. dkk. (2017). Analysis Of The Effect Metals As An Electrode In Microbial Fuel Cell To The Electricial Energy Production. *Jurnal e-Proceeding of Engineering*. 4(2). Bandung: Telkom University.
- Berita Resmi Statistik. (2018). Luas Panen dan Produksi Beras 2018. Sulsel:BPS Pemprov Sulsel.
- Ginting, H.S. dkk.(2013). Pengaruh Pemberian Jerami Padi dengan Berbagai Perlakuan (Fisik, Kimia, Biologi dan Kombinasi) Terhadap Performans Domba Lokal Jantan. *Jurnal Peternakan Integrative*, 1(2):155-164.

- Irmayuni E, dkk. (2018). Effectiveness of Nira Lontar (*Borassus Flabellifer*) as An Ingredient for The Development of Apem Cake Doungh. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. Vol. 4 Oktober : S170-S183.
- Kurniawati L & I Sanjaya. (2013). Effect of The Spesies of Cellulotic Bacteria to Efficency of Microbial Fuel Cell. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(2).
- Mardiana dkk(2015). Microbial Fuel Cell Berbasis Yeast (*Saccharomyces Cerevisiae*). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 14(1). Tasikmalaya: STIKes BTH.
- Maswati B. dkk. (2019). Diversification of Renewable Energy Sources Utilizing Eceng Gondok *Eichhornia Crassipes* in Microbial Fuel Cell. *International Conference of Science and Technology*, UIN Alauddin.
- Mirawati, Heriyono, H., & Wahyuni, I. (2019). Inovasi Energi Bersih dari Molases sebagai Sustainable and Energy Resource Berbasis Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC). *Sains Dan Teknologi*, 2(1), 1–5.
- Muftiana dkk. (2018). The Effect of $KMnO_4$ and $K_3[Fe(CN)_6]$ Concentrations on Electrical Production in Fuel Cell Microbial System with *Lactobacillus. Bulgaricus* Bacteria in A Tofu Whey Substrat. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 21(1):29-53.
- Novia dkk. (2014). Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF). *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3).
- Utami L. dkk. (2018). Produksi Energi Listrik dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca L.*) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cell dengan Permanganate Sebagai Katolit. *Jurnal Al-Kimiya*, 5(2) (62-67).
- Utami, L. dkk. (2018). Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pepaya (*Carica Papaya*) Menggunakan Teknlogi Microbial Fuel Cells. *Jurnal Al-Kimia*. Riau: Universitas Sultan Syarif Kasim.
- Utami, L., Lazulva, L., & Fatisa, Y. (2019). Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca L.*) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells Dengan Permanganat Sebagai Katolit. *Al-Kimiya*, 5(2), 62–67. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3833>
- Utari, N. D., Istirokhatun, T., & Hadiwidodo, M. (2014). Pemanfaatan Limbah Buah Buah sebagai Penghasil Energi Listrik dengan teknologi Microbial Fuel Cell (Variasi Penambahan ragi dan Asetat). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2), 1–6. <https://www.neliti.com/id/publications/144009/pemanfaatan-limbah-buah-buahan-sebagai-penghasil-energi-listrik-dengan-teknologi#cite>
- Yogaswara, et al. (2017). Studi Penambahan Mikroorganisme Pada Substrat Limbah Pome Terhadap Kinerja Microbial Fuel Cell. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1). Balikpapan: Institut Teknologi Karangjoang.