

Pengaruh Jenis Konduktor dan Luas Penampang Pada Proses *Microbial Fuel Cell (MFC)* Terhadap Energi Listrik

Riadi Rahmansyah⁽¹⁾, Sunarto⁽²⁾, Sri Mawarni⁽³⁾

¹ Mahasiswa Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin

² Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin

³ Staf pengajar Jurusan Teknik Informatika

Jl. Bathin Alam Sungai Alam Bengkalis Riau Indonesia

Email: yadipolbeng6@gmail.com, sunarto@polbeng.ac.id, srimawarni@polbeng.ac.id

ABSTRAK

Kenaikan BBM dan krisis LPG adalah masalah yang perlu diperhatikan. Keterbatasan bahan bakar fosil menjadi penyebab krisis energi. Untuk itu diperlukan energi terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil yang semakin hari semakin berkurang. Salah satu jenis energi terbarukan dan dapat menjadi sumber energi dimasa depan adalah *Microbial Fuel Cell (MFC)*. MFC merupakan suatu sistem bio-elektrokimia yang memanfaatkan metabolisme alami dari mikroba untuk menghasilkan energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi elektroda, luas permukaan dan jarak elektroda terhadap elektrisitas tegangan listrik. Dengan menggunakan desain *single chamber* yang berisi substrat dan larutan elektrolit. Elektroda yang digunakan berbentuk plat logam dari beberapa jenis material seperti tembaga, zeng, aluminium dan timbal. Substrat yang digunakan adalah limbah tahu cair yang dicampur EM4 dengan waktu diinkubasi selama 3 hari. Metode penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Nilai elektrisitas tegangan dihitung setiap 5 menit sekali selama 150 menit. Hasil pengamatan dengan kombinasi elektroda Zn dan Cu menghasilkan tegangan lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi elektroda lainnya dengan nilai tegangan sebesar 0,66 V pada menit ke 5 menggunakan luas permukaan 5 cm x 4 cm pada jarak elektroda 4 cm.

Kata Kunci: MFC, Tegangan, Kombinasi Elektroda, Luas Permukaan, Jarak Elektroda.

PENDAHULUAN

Salah satu jenis energi terbarukan dan dapat menjadi sumber energi dimasa depan adalah *Microbial Full Cell (MFC)*. MFC merupakan suatu sistem bio-elektrokimia yang memanfaatkan metabolisme alami dari mikroba untuk menghasilkan energi (Li, 2013). Dengan memanfaatkan metabolisme dari bakteri MFC dapat memproduksi arus listrik dari berbagai substrat organik. Hampir semua bahan organik *biodegradable* dapat digunakan dalam MFC, termasuk asam volatil, karbohidrat, protein, alkohol, dan bahkan bahan yang relatif rekalsitran seperti selulosa (Logan, 2008). Salah satu tantangan penting dalam pengembangan MFC adalah memilih elektroda yang tepat (katoda dan anoda) yang mempengaruhi daya keluaran (Logan, 2006). Elektroda yang digunakan dalam pembuatan MFC harus memiliki konduktivitas listrik yang baik, permukaan yang luas, resistivitas yang rendah, non-korosif, biokompatibel. Ashoka (2012) dalam penelitiannya, melakukan berbagai

kombinasi material anoda/katoda dalam sistem MFC diantaranya tembaga, Zeng, aluminium, karbon, *stainless steel*, dan *mild steel* dengan menggunakan kotoran sapi sebagai substrat dan nilon sebagai membrane penukar proton. Dari berbagai kombinasi tersebut diperoleh bahwa Cu/Zn, Al/SS, C/C, dan SS/SS memberikan keluaran tegangan yang lebih tinggi dimana nilainya mencapai 0,35 Volt. Penelitian lain juga dilakukan oleh (Rakha Edria Pratama, dkk, 2021) menggunakan air cucian beras dengan penambahan EM4 sebagai substrat. Variasi yang dilakukan adalah dengan kombinasi elektroda, yaitu Cu-Al dan Cu-Zn. Hasil yang diperoleh secara berturut-turut untuk nilai elektrisitas maksimum masing-masing kombinasi elektroda yaitu sebesar 0,5 Volt dan 0,1 mA untuk elektroda Cu-Al dan 0,69 Volt dan 0,53 mA untuk elektroda Cu-Zn. Menurut Umi Nihayah dkk (2022) menggunakan elektroda plat tembaga (Cu) sebagai katoda dan plat zeng (Zn) sebagai anoda. Luas permukaan elektroda yang masing-masing yaitu 15cm dengan panjang 3cm dan lebar 5cm. Hasil pengukuran dapat diperoleh

daya sebesar 390,648 mW pada substrat limbah tahu cair. Pada substrat limbah kulit pisang padat menghasilkan daya sebesar 68,543 mW dan pada substrat limbah kulit pisang cair menghasilkan daya sebesar 43,6 mW.

Berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya bahwa jenis elektroda akan berdampak terhadap energi listrik yang dihasilkan maka untuk keberlanjutan penelitian akan melakukan konsep penelitian yang sama dengan mengubah variabel-variabel yang ada dengan harapan dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan yang bisa digunakan untuk kebutuhan produksi listrik.

1. METODE

1.1. Alat dan Bahan

Menggunakan desain single chamber berbentuk persegi, terbuat dari akrilik, dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Desain *single chamber* hanya memiliki satu wadah yang didalamnya terdapat elektroda yaitu anoda dan katoda. Pada penelitian ini menggunakan empat jenis elektroda yaitu: Tembaga (Cu), Zeng (Zn), Aluminium (Al) dan Timbal (Pb). Elektroda ini akan dilakukan eksperimen sesuai variasi yang telah ditentukan. Variasi yang dilakukan pada saat eksperimen adalah jenis kombinasi elektroda, jarak elektroda dan luas permukaan elektroda. Untuk kombinasi elektroda yang digunakan Cu-Zn, Cu-Al, Cu-Pb, Zn-Cu, Zn-Al, Zn-Pb, Al-Cu, AlZn, Al-Pb, Pb-Cu, Pb-Zn dan Pb-Al. Jarak elektroda yang digunakan adalah 4 cm dan 8 cm dan luas permukaan yang digunakan adalah 3 cm × 4 cm.

1.2. Langkah Kerja Penelitian

a. Pembuatan Wadah MCF

Wadah yang digunakan pada sistem MFC ini berbahan akrilik bening dengan desain *single chamber* tanpa membran. Keuntungan desain *single chamber* yaitu desain sederhana, dapat meningkatkan energi listrik dan kemampuan untuk menggunakan udara pasif dalam penurunan oksigen dibandingkan dengan desain dua bejana (Logan, 2008).



Gambar 1. Wadah MFC

b. Pembuatan Substrat

Substrat yang digunakan adalah limbah tahu cair. Persiapan substrat dilakukan dengan

mencampurkan 1 liter limbah tahu cair dengan 20 ml EM4, kemudian dimasukkan kedalam wadah yang berbeda. Pada penelitian ini menggunakan wadah botol air mineral plastik sebagai wadah inkubasi. Setelah itu substrat akan diinkubasi selama tiga hari secara anaerob dan terkena sinar matahari langsung. Hal tersebut berdasarkan pada sifat bakteri dalam EM4 dimana sebagian jenis bakteri fotosintesis (Kurniati, dkk, 2019).



Gambar 2. Substrat Limbah Cair Tahu

c. Persiapan Elektroda

Persiapan elektroda dilakukan dengan cara mengampelas elektroda untuk menghilangkan kotoran pada permukaan elektroda. Sebelum digunakan elektroda dipreparasi dengan cara diampelas untuk membersihkan dari zat pengotor (fouling) maupun biofilm yang terbentuk pada permukaan elektroda (T. Nurul Akbar, dkk, 2017). Setelah itu menghubungkan penjepit buaya dengan multimeter dengan cara disolder.



Gambar 3. Elektroda

d. Perakitan Rangkaian Eksperimen MFC

Desain MFC single chamber dipasang elektroda yang akan menjadi anoda dan katoda. Pada kedua elektroda dihubungkan dengan multimeter. Bagian dalam wadah MFC tersusun dari anoda dan katoda dengan jarak sesuai perlakuan. Kompartemen anoda dan katoda hanya memiliki satu ruang dimana pada ruang ini diisi dengan campuran limbah tahu cair dan larutan NaCl, masing-masing sebanyak 300 ml substrat limbah tahu cair dan 300 ml larutan NaCl. Komponen penyusun berikutnya yaitu elektroda. Pada penelitian ini menggunakan elektroda Tembaga (Cu), Zeng (Zn), Aluminium (Al) dan

Timbal (Pb). Luas permukaan elektroda masing-masing 3 cm × 4 cm, 4 cm × 4 cm dan 5 cm × 4cm.

e. Eksperimen MFC

Pengukuran tegangan pada sistem ini tidak menggunakan hambatan atau beban listrik eksternal seperti resistor, sehingga tegangan yang terukur dapat disebut sebagai *open circuit voltage* atau tegangan sirkuit terbuka. Variasi yang dilakukan adalah jenis kombinasi elektroda, jarak elektroda dan luas permukaan elektroda. Kombinasi elektroda yang digunakan Cu-Zn, Cu-Al, Cu-Pb, Zn-Cu, Zn-Al, Zn-Pb, Al-Cu, Al-Zn, Al-Pb, Pb-Cu, Pb-Zn dan Pb-Al. Jarak elektroda yang digunakan adalah 4 cm dan 8 cm dan luas permukaan yang digunakan adalah 3 cm × 4 cm, 4 cm × 4 cm dan 5 cm × 4 cm.



Gambar 4. Pengukuran Tegangan MFC

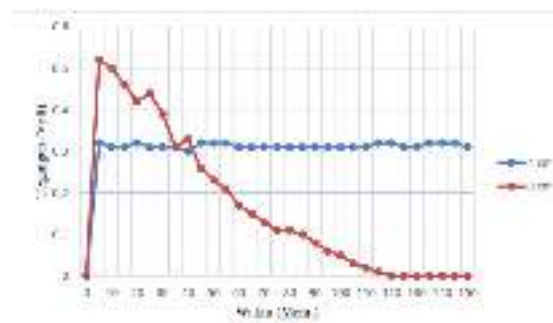
f. Metode Analisa Data

Metode eksperimen digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan. Metode ini digunakan karena metode ini bagian dari metode kuantitatif. Pengumpulan data hasil eksperimen kemudian diolah sehingga dapat dibuat sebuah hasil eksperimen. Dari hasil dari eksperimen didapat kesimpulan tentang pengaruh kombinasi elektroda, jarak elektroda dan luas permukaan elektroda terhadap elektrisitas tegangan listrik.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

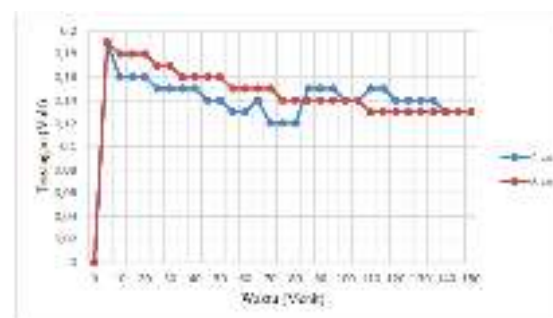
Kombinasi elektroda Cu dan Zn seperti pada Gambar 5 menunjukkan nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC (Microbial Fuel Cell) pada setiap jarak elektroda yang berbeda selama 150 menit. Selama pengamatan tegangan mengalami fluktuasi (perubahan tegangan). Pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian tegangan mengalami perubahan penurunan dari menit ke 5 sebesar 0,32 Volt dan 0,52 Volt pada masing-masing jarak elektroda 4 cm dan 8 cm. Pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami perubahan kenaikan dan penurunan dari awal pengamatan sampai ke akhir pengamatan. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami kenaikan pada menit ke 25

sebesar 0,44 Volt dan menit ke 40 sebesar 0,33 Volt. Setelah itu tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan.



Gambar 5. Grafik Kombinasi Elektroda Cu dan Zn

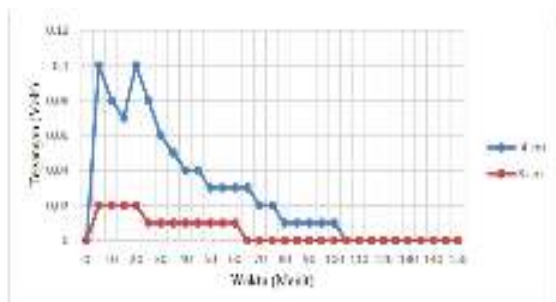
Gambar 6 menunjukkan nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC pada setiap jarak elektroda yang berbeda selama 150 menit. Selama pengamatan tegangan mengalami fluktuasi (perubahan tegangan). Tegangan pada semua jarak mengalami kenaikan maksimum sampai waktu tertentu dan kemudian mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami kenaikan pada menit ke 5 sebesar 0,19 Volt dan tegangan mengalami penurunan sampai menit ke 80 sebesar 0,12 Volt, kemudian tegangan mengalami kenaikan sampai menit ke 95. Dimenit ke 110 dan 115 diperoleh tegangan sebesar 0,15 Volt. Pada menit ke 120 mengalami penurunan sebesar 0,14 Volt. Setelah itu tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami penurunan selama pengamatan. Diperoleh tegangan diawal pengamatan sebesar 0 Volt. Pada akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,13 Volt.



Gambar 6. Grafik Kombinasi Elektroda Cu dan Al

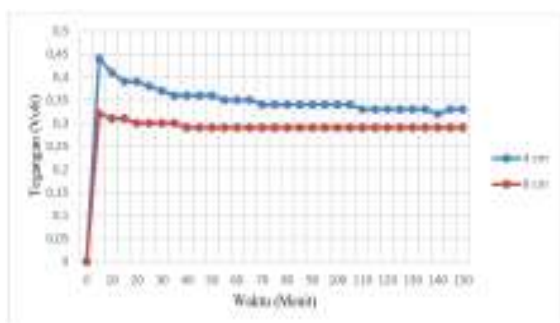
Gambar 7 menunjukkan elektroda dengan jarak 4 cm dimenit pertama diperoleh tegangan sebesar 0 Volt kemudian tegangan mengalami fluktuasi sampai akhir pengamatan. Tegangan mengalami penurunan sampai menit ke 15 diperoleh tegangan sebesar 0,07 Volt. Pada menit ke 20

tegangan mengalami kenaikan diperoleh tegangan sebesar 0,10 Volt. Dan pada menit ke 25 tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm juga mengalami perubahan nilai tegangan selama pengamatan berlangsung. Diawal pengamatan diperoleh nilai tegangan sebesar 0 Volt. Tegangan mengalami penurunan selama pengamatan berlangsung.



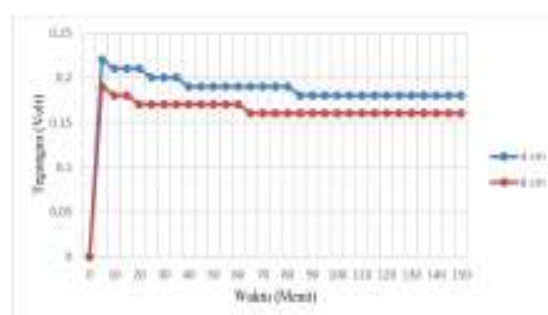
Gambar 7.
Grafik Kombinasi Elektroda Cu dan Pb

Gambar 8. menunjukkan nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC pada setiap jarak elektroda yang berbeda selama 150 menit. Selama pengamatan tegangan listrik mengalami fluktuasi (perubahan tegangan). Tegangan pada semua jarak mengalami kenaikan maksimum sampai waktu tertentu dan kemudian mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian tegangan mengalami perubahan penurunan dari menit ke 5 sebesar 0,44 Volt dan 0,32 Volt pada masing-masing jarak elektroda 4 cm dan 8 cm. Pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami perubahan kenaikan dan penurunan dari awal pengamatan sampai ke akhir pengamatan. Diakhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,33 Volt. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami kenaikan pada menit ke 15 sebesar 0,31 Volt dan menit ke 35 sebesar 0,30 Volt. Setelah itu tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan.



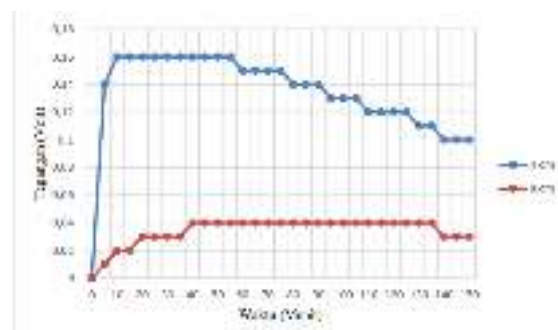
Gambar 8.
Grafik Kombinasi Elektroda Zn dan Cu

Gambar 9 menunjukkan nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC (Microbial Fuel Cell) pada setiap jarak elektroda yang berbeda selama 150 menit. Selama pengamatan tegangan listrik mengalami fluktuasi (perubahan tegangan). Gambar diatas menunjukkan pada elektroda dengan jarak 4 cm dimenit pertama diperoleh tegangan sebesar 0 Volt kemudian tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Dan pada akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,18 Volt. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm juga mengalami perubahan nilai tegangan selama pengamatan berlangsung. Diawal pengamatan diperoleh nilai tegangan sebesar 0 Volt. Tegangan mengalami penurunan selama pengamatan berlangsung. Pada akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,16 Volt.



Gambar 9.
Grafik Kombinasi Elektroda Zn dan Al

Pada Gambar 10 dibawah adalah hasil pengamatan dengan kombinasi elektroda Zn dan Pb sebagai berikut:

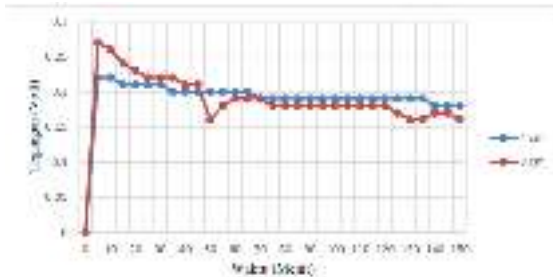


Gambar 10.
Grafik Kombinasi Elektroda Zn dan Pb

Pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian tegangan mengalami perubahan penurunan dari menit ke 5 sampai menit ke 10. Pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami perubahan kenaikan dan penurunan dari awal pengamatan sampai ke akhir pengamatan. Diakhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,1 Volt. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami kenaikan pada menit ke 5 sebesar 0,01 Volt dan menit ke 20 sebesar 0,03 Volt. Selama pengamatan tegangan

mengalami fluktuasi nilai tegangan. Diakhir pengamatan tegangan mengalami penurunan, diperoleh tegangan sebesar 0,03 Volt.

Hasil pengamatan dengan kombinasi elektroda Al dan Cu adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 berikut:



Gambar 11.
Grafik Kombinasi Elektroda Al dan Cu

Pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian tegangan mengalami perubahan penurunan dari menit ke 15 sebesar 0,21 Volt. Pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami perubahan kenaikan dan penurunan dari awal pengamatan sampai ke akhir pengamatan. Pada akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,18 Volt. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami penurunan nilai tegangan selama pengamatan. Pada menit ke 55 terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,18 Volt. Tegangan mengalami kenaikan sampai menit ke 70 Setelah itu tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan.

Hasil pengamatan dengan kombinasi elektroda Al dan Zn pada Gambar 12 dibawah:

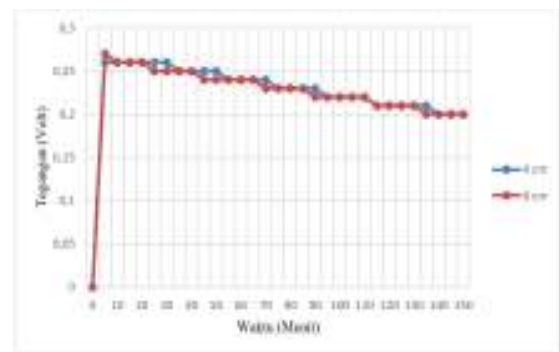


Gambar 12.
Grafik Kombinasi Elektroda Al dan Zn

Pada pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian tegangan mengalami perubahan kenaikan dari menit ke 5 sebesar 0,080 Volt sampai menit ke 65 sebesar 0,17 Volt. Selama pengamatan tegangan mengalami perubahan kenaikan dan penurunan dari awal

pengamatan sampai ke akhir pengamatan. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami kenaikan pada menit ke 35 sebesar 0,01 Volt. Selama pengamatan tegangan mengalami perubahan kenaikan dan penurunan dari awal pengamatan sampai ke akhir pengamatan. Diakhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,08 Volt.

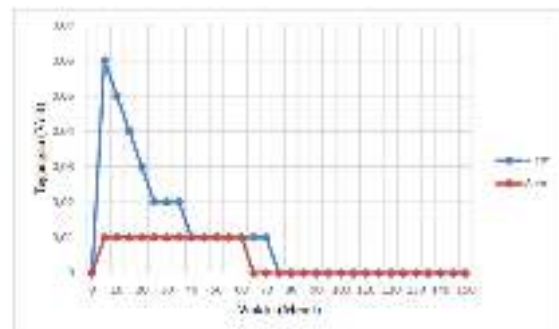
Hasil pengamatan eksperimen dengan kombinasi elektroda Al dan Pb sebagai berikut:



Gambar 13.
Grafik Kombinasi Elektroda Al dan Pb

Nilai pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami perubahan penurunan dari menit ke 35 sebesar 0,35 Volt dan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Diperoleh tegangan diakhir pengamatan sebesar 0,20 Volt. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Dari pengamatan awal sebesar 0 Volt mengalami penurunan sampai akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,20 Volt.

Perolehan hasil pengamatan dengan kombinasi elektroda Pb dan Cu pada gambar dibawah ini:

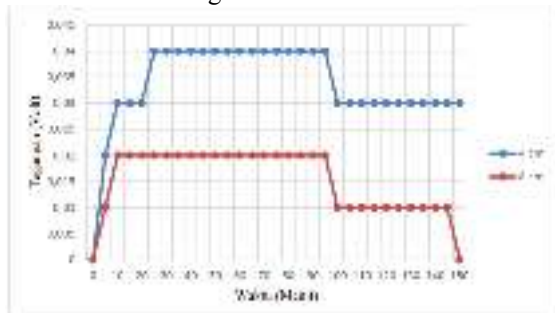


Gambar 14.
Grafik Kombinasi Elektroda Pb dan Cu

Pada gambar 14 diatas pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Pada jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Pada akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0 Volt. Sedangkan pada

jarak elektroda 8 cm tegangan awal dipeoleh nilai tegangan sebesar 0 Volt. Tegangan mengalami penurunan dimenit ke 65. Tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Pada diakhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0 Volt.

Hasil pengamatan dengan kombinasi elektoda Pb dan Zn adalah sebagai berikut ini:

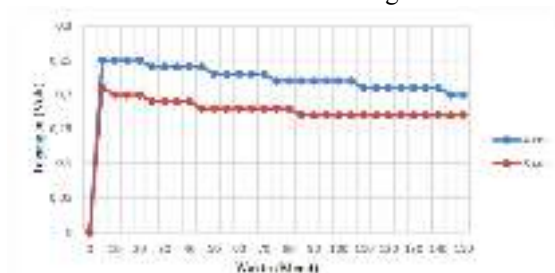


Gambar 15.

Grafik Kombinasi Elektroda Pb dan Zn

Pada jarak elektroda 4 cm diperoleh tegangan diawal pengamatan sebesar 0 Volt. Tegangan meningkat sampai menit ke 25 sehingga diperoleh tegangan sebesar 0,04 Volt. Selanjutnya pada menit ke 100 tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Dan diperoleh tegangan pada akhir pengamatan sebesar 0,03 Volt. Pada jarak elektroda 8 cm didapatkan tegangan awal sebesar 0 Volt. Selanjutnya tegangan mengalami kenaikan sampai menit ke 10 dan diperoleh tegangan sebesar 0,02 Volt. Selanjutnya tegangan mengalami perubahan mengalami penurunan pada menit ke 100 sebesar 0,01 Volt dan tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Dari pengamatan diperoleh tegangan diakhir pengamatan sebesar 0 Volt.

Pada gambar dibawah ini hasil pengamatan dengan kombinasi elektroda Pb dan Al sebagai berikut:



Gambar 16.

Grafik Kombinasi Elektroda Pb dan Al

Nilai pengukuran awal diperoleh tegangan sebesar 0 Volt pada jarak elektroda 4 cm dan 0 Volt pada jarak elektroda 8 cm. Kemudian untuk jarak elektroda 4 cm tegangan mengalami perubahan penurunan dari menit ke 5 sebesar 0,25 Volt dan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Diperoleh tegangan diakhir pengamatan sebesar 0,20 Volt. Sedangkan pada jarak elektroda 8 cm

tegangan mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Dari pengamatan awal sebesar 0 Volt mengalami penurunan sampai akhir pengamatan diperoleh tegangan sebesar 0,17 Volt.

3. KESIMPULAN

- 1) Sistem MFC dengan menggunakan kombinasi elektroda Zn dan Cu diperoleh nilai tegangan tertinggi dibandingkan dengan kombinasi elektroda lainnya. Nilai tegangan yang diperoleh sebesar 0,66 Volt pada menit ke 5. Hal ini dikarenakan material seng dan tembaga merupakan konduktor. Untuk nilai tegangan terendah diperoleh 0 Volt pada semua kombinasi elektroda dikarenakan aktifitas bakteri memasuki fase adaptasi, dimana bakteri menyesuaikan diri dengan wadah yang ditematinya.
- 2) Jarak elektroda sangat berpengaruh dalam menghasilkan tegangan listrik. Dalam penelitian ini jarak elektroda 4 cm menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar dari jarak elektroda 8 cm. Hal ini dikarenakan tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC sangat dipengaruhi oleh hambatan internal. Peningkatan jarak elektroda pada sistem MFC merupakan peningkatan hambatan internal. Salah satu faktor hambatan yang besar ini dapat terjadi karena terbentuknya biofilm (lapisan kotoran pada elektroda).

DAFTAR PUSTAKA

- Ashoka Hadagali (2012) “Comparative Studies On Electrodes For The Construction Of Microbial Fuel Cell” International Journal of Advanced Biotechnology and Research ISSN 0976-2612, Online ISSN 2278–599X, Vol 3, Issue 4, 2012, pp785-789. <http://www.bipublication.com>.
- Evi Kurniati, A. S. (2019) “Pengaruh Penambahan EM4 Dan Jarak Elektroda Terhadap Listrik Yang Dihasilkan MFC” (Air Lindi). 19-30.
- Jessica Li, “An Experimental Study of Microbial Fuel Cells for Electricity Generating: Performance Characterization and Capacity Improvement” Journal of Sustainable Bioenergy Systems, 2013, 3, 171-178.
- Logan, B.E. and J. M. Regan, “Microbial Fuel Cells- Challenges and Applications,” Environmental Science & Technology, Vol. 40, No. 17, 2006, pp. 5172-5180.
- Logan, B.E. (2008) “Microbial Fuel Cell”, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA

- Rakha Edria Pratama, T. H. (2021). “Produksi Biolistrik Sistem MFC Membraneless Single Chamber Air Cathode Dengan Variasi Anoda”. 234-238.
- T. Nuzul Akbar, M. R. (2017). “Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik”. 21232138.
- Umi Nihayah, M. R. (2022). ”Studi Eksperimental Penggunaan Reaktor Microbial Fuel Cell (MFC) Dengan Membran Berongga Sebagai Alat Memanen Energi Terbarukan Dari Variasi Limbah Organik”. 135-149.