

## Limbah Penghasil Energi Listrik Melalui *Microbial Fuel Cell* (Alternatif : Limbah Domestik IPLT Keputih, Surabaya)

Suci Wulandari<sup>\*</sup>, Adhi Setiawan<sup>1</sup>, Tanti Utami Dewi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>\*</sup> E-mail: [suciwulandari@student.ppn.ac.id](mailto:suciwulandari@student.ppn.ac.id)

### Abstrak

Sistem MFC merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi kimia melalui reaksi katalitik menggunakan mikroorganisme. MFC ini memanfaatkan metabolisme dari mikroorganisme untuk menghasilkan arus listrik dari berbagai substrat organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemilihan material logam aluminium, seng dan tembaga yang berbentuk pelat sebagai elektroda dengan luas permukaan 132,68 cm<sup>2</sup>. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor *double-chamber*, dengan tiap kompartemen memiliki dimensi 11 cm x 15 cm x 15 cm. Kompartemen anoda diisi limbah tinja dari *balancing tank* IPLT Keputih, Surabaya sedangkan kompartemen katoda diisi dengan akuades dengan suplai udara dan membran Nafion 117 sebagai media transfer proton. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi elektroda Zn/Cu merupakan kombinasi elektroda yang menghasilkan produksi listrik paling besar. Hasil penelitian menunjukkan pada hari pertama untuk kombinasi elektroda Zn/Cu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 984,955 mV, kuat arus maksimum sebesar 9,845 mA, daya maksimum sebesar 9,697 mW serta kerapatan daya maksimum sebesar 7,31 x 10<sup>-2</sup> mW/cm<sup>2</sup>. Perolehan energi listrik yang dihasilkan oleh kedua kombinasi berbeda secara signifikan, dan secara waktu kontak, semakin lama waktu kontak maka akan semakin kecil besaran energi listrik yang dihasilkan. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa produksi energi listrik maksimum dihasilkan dari kombinasi elektroda dengan material logam seng dan tembaga.

**Keyword:** *Microbial Fuel Cell*, elektroda, waktu kontak, limbah tinja.

### 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi merupakan suatu kebutuhan yang esensial bagi kehidupan manusia. Penghasil energi yang selama ini di dominasi menggunakan batubara, minyak bumi dan gas alam. Energi yang dihasilkan dari batubara, minyak bumi dan gas alam menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang akan menimbulkan efek rumah kaca. Sekarang ini sedang memfokuskan mencari sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan, hal ini bertujuan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dapat menimbulkan efek rumah kaca. Salah satu teknologi terbarukan dan ramah lingkungan yang dapat diterapkan untuk masa depan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC).

MFC ini merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi kimia melalui reaksi katalitik menggunakan mikroorganisme. MFC ini memanfaatkan metabolisme dari mikroorganisme untuk menghasilkan arus listrik dari berbagai substrat organik. Salah satu limbah cair yang memiliki kandungan organik terbanyak adalah limbah cair domestik (Metcalf dan Eddy, 2014). Salah satu tantangan penting dalam pengembangan sistem MFC adalah memilih elektroda yang tepat untuk digunakan sebagai anoda dan katoda yang akan mempengaruhi daya keluaran. Elektroda yang digunakan harus memiliki konduktivitas yang baik, resistivitas yang rendah, non-korosif, stabil secara kimiawi dan mekanik serta memiliki luas permukaan yang luas (Akbar dkk, 2017). Akbar dkk (2017) dalam penelitiannya, melakukan berbagai kombinasi material anoda dan katoda dalam sistem MFC, logam yang digunakan yaitu aluminium, tembaga dan seng dengan menggunakan lumpur sawah sebagai substrat dan jembatan garam dengan diisi dengan sumbu kompor yang sudah di rendam dalam larutan NaCl 1 M. Kombinasi elektroda Cu/Zn menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dimana nilainya mencapai 0,5 Volt. Penelitian Bose *et al* (2018) tentang penghasil listrik dan pengolahan limbah menggunakan substrat limbah tinja dengan menggunakan *double chamber* MFC. Penelitian ini menghasilkan tegangan puncak sebesar 800 mV dan efisiensi *removal* COD sekitar 78%.

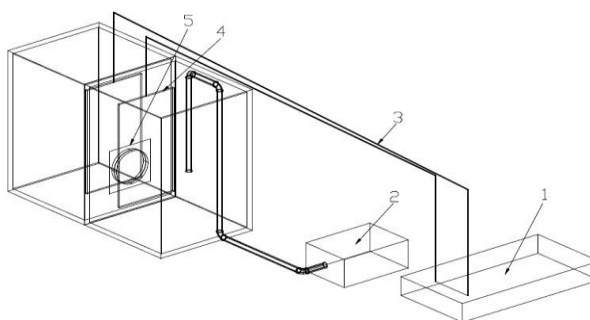
Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian eksperimental yang berkaitan dengan pemilihan elektroda serta waktu kontak terhadap kinerja terbaik dari sistem MFC. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis pengaruh penggunaan material elektroda serta waktu kontak pada reaktor *double-*

*chamber* MFC dengan menggunakan substrat limbah domestik IPLT Keputih, Surabaya dan Nafion 117 sebagai media transfer kation terhadap produksi listrik yang dihasilkan.

## 2. METODE

### c. Pembuatan Reaktor MFC

Pembuatan reaktor *Microbial Fuel Cell* untuk penelitian ini adalah reaktor *Microbial Fuel cell* dengan tipe *double chamber* MFC. Reaktor ini terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran 11 cm x 15 cm x 15 cm. Luas membran Nafion 117 yang terkena kontak 9,62 cm<sup>2</sup>. Luas permukaan elektroda yang tercelup adalah 13,268 m<sup>2</sup>. Setiap elektroda ini akan disambungkan dengan menggunakan kawat tembaga oleh penjepit buaya kemudian penjepit buaya ini disambungkan dengan sistem pembacaan arduino untuk menunjukkan tegangan dan kuat arus yang dihasilkan.



**Gambar 1.** Desain sistem MFC

Keterangan :

1. Sistem pembacaan arduino
2. Aerator
3. Kawat tembaga
4. Elektroda
5. Membran Nafion 117

### b. Preparasi Membran

Membran ini pertama harus dididihkan dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% selama 1 jam dengan suhu 80°C lalu dibilas dengan menggunakan akuades. Selanjutnya membran dididihkan kembali dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M selama 1,5 jam dengan suhu 80°C kemudian dibilas dengan menggunakan akuades. Membran kemudian disimpan dengan cara merendamnya dengan akuades sampai akan digunakan. Jika akan digunakan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.

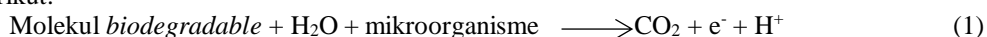
### c. Preparasi Elektroda

Elektroda yang dipakai adalah aluminium (Al), seng (Zn) dan tembaga (Cu). Elektroda ini juga harus dibersihkan dari kotoran maupun biofilm yang menempel pada elektroda. Cara membersihkan kotoran serta biofilm ini dengan menggunakan amplas, jadi elektroda ini diamplas sampai bersih.

### d. Pelaksanaan Eksperimen

Sistem MFC dengan menggunakan kombinasi seng, aluminium dan tembaga berbentuk pelat sebagai elektroda anoda dan katoda. Eksperimen ini menggunakan variasi lama waktu kontak serta kombinasi dari elektroda. Waktu kontak yang digunakan adalah 15 hari sedangkan untuk kombinasi elektroda yang digunakan adalah aluminium dan seng digunakan sebagai anoda dan tembaga sebagai katoda, berarti dapat dikatakan Zn/Cu dan Al/Cu.

Kompartemen anoda diisi dengan 2000 mL substrat limbah domestik IPLT Keputih yang mengandung material organik dan mikroorganisme. Proses pengoksidasian material organik terjadi pada kompartemen anoda oleh mikroorganisme yang menghasilkan elektron, proton serta CO<sub>2</sub>. Proses inilah yang dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Proton yang dihasilkan akan terdifusi menuju kompartemen katoda melalui membran Nafion 117 sedangkan elektron mengalir melalui rangkaian listrik menuju katoda. Secara umum reaksi yang terjadi pada kompartemen anoda adalah sebagai berikut.



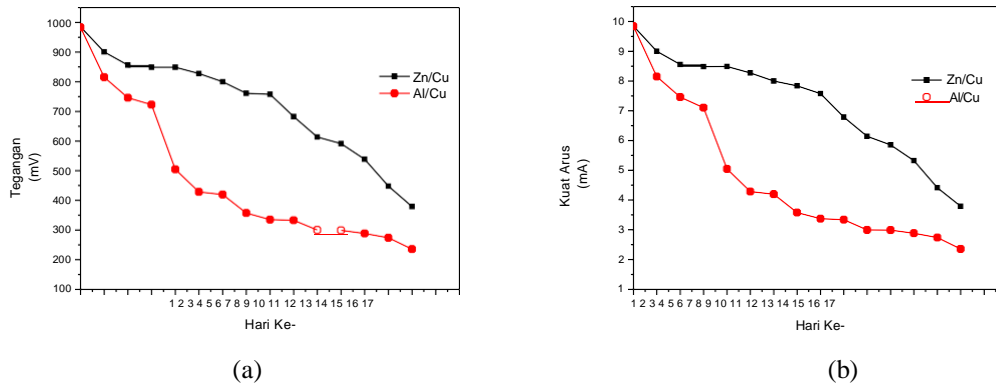
Kompartemen katoda diisi dengan akuades 2000 mL dan diberikan suplai udara melalui aerator dengan *output* 3 L/menit. Kompartemen katoda dan anoda dipisahkan oleh membran Nafion 117 yang berfungsi sebagai mendifusikan proton dari anoda menuju ke katoda. Secara umum reaksi yang terjadi pada kompartemen ini adalah sebagai berikut.



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Tegangan dan Arus

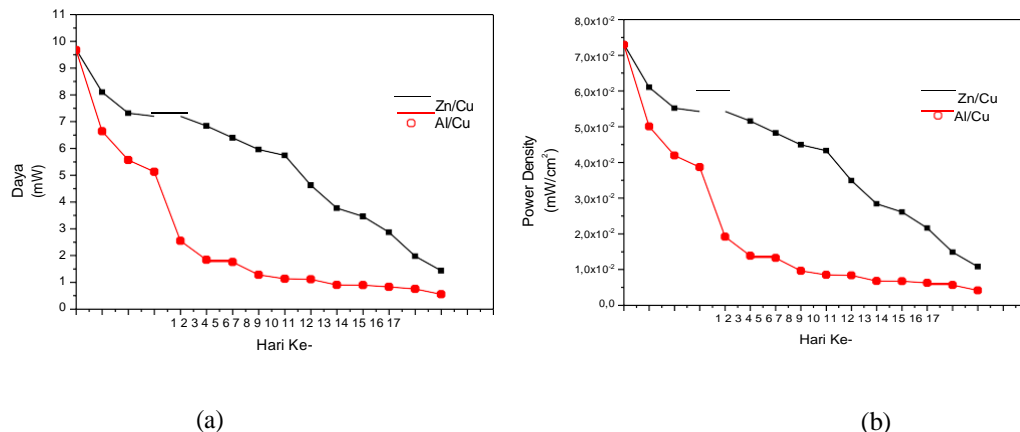
Sistem MFC ini dioperasikan menggunakan *mediator-less* yaitu elektron yang dihasilkan dari hasil degradasi senyawa organik langsung di transfer menuju elektroda tanpa bantuan zat kimia tambahan. Tegangan dan kuat arus diukur menggunakan multimeter yang dihubungkan dengan kedua elektroda pada sistme MFC, dimana kutub negatif dihubungkan dnegan anoda dan kutub positif dihubungkan dengan katoda.



**Gambar 2.** Grafik pengukuran (a) tegangan dan grafik pengukuran (b) kuat arus

Pengukuran tegangan pada sistem ini menggunakan hambatan bernilai 100 Ohm. **Gambar 2(a)** menunjukkan hasil pengukuran tegangan untuk kedua kombinasi elektroda. Tegangan yang dihasilkan dari kedua kombinasi ini menunjukkan perubahan yang signifikan dari untuk 15 hari, semakin lama waktu kontak maka nilai tegangan yang dihasilkan juga akan semakin menurun, hal ini dikarenakan kandungan senyawa organik berkurang akibat terdegradasi oleh mikroba. Menurut Logan (2008) mengatakan bahwa produksi listrik akan mengalami penurunan apabila sudah tidak ada senyawa organik yang tersisa untuk dioksidasi. Tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh sistem MFC ini sebesar 984,955 mV pada kombinasi elektroda Zn/Cu pada hari pertama.

Pengukuran kuat arus pada sistem ini menggunakan hambatan sebesar 100 Ohm. Sesuai dengan kaidah hukum Ohm yang mana kuat arus didapatkan dengan membagi tegangan dengan hambatan. Kuat arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh sistem MFC ini sebesar 9,845 mA pada kombinasi elektroda Zn/Cu pada hari pertama. Hambatan internal dapat mengalami kenaikan yang disebabkan oleh terbentuknya lapisan sel bakteri (*biofilm*) pada permukaan anoda yang dapat menutupi luas permukaan anoda aktif, sehingga akan menghambat proses transfer elektron (Permana dkk, 2013).



**Gambar 3.** Grafik pengukuran (a) daya dan grafik pengukuran (b) kerapatan daya

**b. Daya dan Kerapatan Daya**

Nilai daya dan kerapatan daya ditunjukkan oleh grafik 3 (a) dan 3 (b). Nilai daya didapatkan dari besarnya tegangan dikalikan dengan besarnya kuat arus. Daya maksimum yang dihasilkan oleh sistem MFC sebesar 9,697 mW pada kombinasi elektroda Zn/Cu pada pengukuran hari pertama. Nilai kerapatan daya berbanding lurus dengan besarnya nilai tegangan dan kuat arus per luas permukaan elektroda. Luas permukaan elektroda yang dipakai dalam penelitian ini 132,68 cm<sup>2</sup>. Kerapatan daya menunjukkan kinerja anoda dalam mengalirkan elektron menuju katoda (Akbar dkk, 2017). Kerapatan daya maksimum yang dihasilkan dari sistem MFC ini sebesar  $7,31 \times 10^{-2}$  mW/cm<sup>2</sup> pada kombinasi elektroda Zn/Cu pada pengukuran hari pertama. Daya dan kerapatan daya ini sama-sama dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan kuat arus, jadi semakin kecil nilai tegangan dan kuat arus maka daya dan kerapatan daya yang dihasilkan juga akan semakin kecil.

**4. KESIMPULAN**

1. Sistem MFC dengan menggunakan kombinasi elektroda Zn/Cu menghasilkan produksi listrik yang lebih besar dibandingkan dengan kombinasi elektroda Al/Cu.
2. Semakin lama waktu kontak dalam eksperimen sistem MFC menghasilkan produksi listrik yang semakin menurun.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

- Akbar, T. N., Kirom, M. R. and Iskandar, R. F. (2017) 'Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik Analysis of the Effect of Metals As an Electrode in Microbial Fuel Cell To the Electrical Energy Production', *e-Proceeding of Engineering*, 4(2), pp. 2123–2138.
- Bose, D., Dhawan, H., Kandpal, V., Vijay, P., & Gopinath, M. (2018a). Bioelectricity generation from sewage and wastewater treatment using two-chambered microbial fuel cell. *International Journal of Energy Research*, 42(14), 4335–4344.
- Logan, B. E. (2008). *Microbial Fuel Cells*. New Jersey: John & Wiley Inc.
- Metcalf and Eddy. (2014). *Waste Water Engineering Treatment and Resource Recovery 5th*. Newyork: McGraw-Hill, Inc.
- Permana, D., Haryadi, H. R., Putra, H. E., Juniaty, W., Rachman, S. D., & Ishmayana, S. (2013). *Evaluasi Penggunaan Metilen Blue Sebagai Mediator Elektron pada Microbial Fuel Cell dengan Biokatalis Acetobacter Aceti*. 8, 78-88.