

## ANALISIS PENGARUH PANJANG JEMBATAN GARAM TERHADAP PRODUKSI LISTRIK PADA *DUAL CHAMBER* MFC

### *ANALYSIS OF THE EFFECT OF SALT BRIDGE LENGTH ON ELECTRICITY PRODUCTION IN MFC DUAL CHAMBER*

Nuraida Rahmah<sup>1</sup>, M. Ramdhan Kirom<sup>2</sup>, Amaliyah R.I.U<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>nuraidarah@student.telkomuniversity.ac.id ,

<sup>2</sup>mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

*Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah salah satu energi alternatif yang berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan kita terhadap energi listrik. Sistem MFC ini menggunakan sistem *dual chamber* yaitu terdapat anoda dan katoda yang dihubungkan oleh jembatan garam sebagai media transfer proton. Penelitian ini menggunakan variasi panjang jembatan garam yang menggunakan substrat limbah cair tahu dan lumpur pada reaktor anoda serta larutan aquades pada reaktor katoda dengan memakai elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan ketebalan 0,3 mm dan luas permukaan sebesar 15 cm<sup>2</sup>. Ada 7 variasi panjang jembatan garam yang digunakan yaitu 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, 9cm, 10cm, dan 11cm. Bahan jembatan garam yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa pvc yang didalamnya ada sumbu pilinan kompor yang sudah direbus dengan NaCl dan di jemur sampai kering lalu dimasukkan ke dalam pipa tersebut. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari per 2 jam sekali, data tegangan dan arus diambil menggunakan multimeter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak nilai tegangan, arus, dan rapat daya tertinggi ada pada reaktor pertama. Tegangan yang tertinggi yaitu 0,925 mV, sedangkan untuk nilai arus tertinggi yaitu 0,930 mA. Nilai rapat daya yang diperoleh yaitu 546,840. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin pendek jembatan garamnya maka makin besar tegangannya.

**Kata kunci :** *Microbial Fuel Cell*, lumpur sawah, limbah cair tahu.

#### Abstract

*Microbial Fuel Cell* (MFC) is a sustainable alternative energy to reduce our dependence on electrical energy. This MFC system uses a dual chamber system, where an anode and cathode are connected by a salt bridge as a proton transfer medium. This study used a variation of the length of the salt bridge using a liquid waste substrate of tofu and sludge in the anode reactor and distilled water in the cathode reactor using copper (Cu) and zinc (Zn) electrodes with a thickness of 0.3 mm and a surface area of 15 cm<sup>2</sup>. There are 7 variations of the length of the salt bridge used, namely 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, 9cm, 10cm, and 11cm. The salt bridge material used in this study is a pvc pipe in which there is a stove wick that has been boiled with NaCl and dried in the sun to dry then put into the pipe. Data were collected for 7 days every 2 hours, voltage and current data were taken using a multimeter. The results showed that the peak value of voltage, current, and the highest power density was in the first reactor. The highest voltage is 0.925 mV, while the highest current value is 0.930 mA. The power density value obtained is 546,840. So it can be concluded that the shorter the salt bridge, the greater the voltage.

**Keywords :** *Microbial Fuel Cell*, rice field mud, stale rice, tofu liquid waste.

## 1. Pendahuluan

Persoalan terbesar yang dihadapi manusia di seluruh dunia salah satunya adalah energy. Energi yang sering digunakan oleh manusia adalah energi listrik. Energi listrik sangat penting karena hampir semua peralatan yang digunakan oleh kita sumbernya dari listrik sehingga kita ketergantungan terhadap energi. Oleh karena itu, untuk mengurangi ketergantungan kita terhadap energi listrik diperlukan energi alternatif yang berkelanjutan salah satunya adalah *Microbial fuel cell* [1]. MFC dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan sistem yang dijalankan dalam suatu reaktor anaerob dilengkapi oleh elektroda anoda dan katoda yang berisi substrat dan bakteri [2]. Sehingga dalam proses MFC ini banyak keuntungan yang didapatkan. Salah satu manfaat yang didapatkan dalam MFC ini adalah memanfaatkan limbah industri makanan yang mengandung sejumlah besar karbohidrat, protein, dan lemak itu dapat menimbulkan bau tidak sedap, dan merupakan polusi pada aliran air [3]. Cara menggunakan limbah tersebut yaitu dengan menggunakan MFC ini dimana mikroorganisme yang dihasilkan oleh limbah akan diubah menjadi energi listrik [4]. MFC ini menggunakan sistem jembatan garam atau *dual chamber*.

Sehingga dalam penelitian tugas akhir ini penulis ingin melakukan pengamatan pengaruh variasi panjang jembatan garam terhadap kerja MFC dengan substrat limbah cair tahu dan lumpur sawah menggunakan rancangan tipe H dengan 7 variasi jembatan garam dengan lebih pendek jembatan garamnya apa terjadi kebocoran sehingga menyebabkan larutan anoda bercampur dengan larutan katodanya. Penelitian ini juga mencari mana yang lebih optimal panjang jembatan garam nya agar menghasilkan daya yang besar sehingga perbandingan yang digunakan harus lebih banyak. Pada penelitian sebelumnya akibat dari pendeknya jembatan garam yaitu beda potensial yang dibangkitkan semakin besar akan berpengaruh terhadap arus dan efisiensi dari MFC [5]. Sedangkan pada penelitian ini penulis ingin membandingkan 7 panjang jembatan garam dengan ukuran panjang jembatan garam lebih pendek hasilnya menyebabkan produksi listriknya menjadi lebih besar dengan nilai rapat daya yang diperoleh yaitu 546,840 mW/m<sup>2</sup>.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Preparasi Penelitian

Reaktor MFC ini terbuat dari bahan akrilik yang bisa menampung 500 ml cairan. Reaktor MFC ini dirancang dengan sistem *dual chambers* dengan jembatan garam yang menjadi pemisah antara reaktor anoda dan reaktor katoda. Dimana reaktor anoda menampung substrat sedangkan pada reaktor katoda diisi dengan larutan aquades serta adanya pompa udara pada reaktor ini.

Elektroda yang akan digunakan pada reaktor anoda dan reaktor katoda adalah seng (Zn) dan tembaga (Cu) dengan ketebalan 0,3 mm dan memiliki luas penampang 15 cm<sup>2</sup>. Sebelum sistem menggunakan elektroda harus diampelas terlebih dahulu agar bersih.

Jembatan garam dapat dibuat dengan menggunakan agar, tali, dan kertas saring. Dalam penelitian ini jembatan garam yang digunakan akan dibuat dengan sumbu kompor. Sumbu kompor kemudian dipilin agar menjadi lebih tebal dan dipotong, kemudian direndam dalam larutan garam yang dibuat dengan cara melarutkan senyawa NaCl ke dalam air yang dipanaskan. Setelah larutan meresap, pilinan tersebut kemudian dijemur dan dimasukkan ke dalam pipa PVC berdiameter 1 mm untuk mencegah terjadinya kebocoran dengan tiap-tiap ujung pilinan dibiarkan terbuka sebagai penghubung antar reaktor. Mobilitas ionik dalam jembatan garam berpengaruh terhadap Rlarutan, dimana semakin kecil nilai R larutan maka nilai kuat arus yang dihasilkan akan maksimal, sesuai dengan Hukum Ohm yang mengatakan bahwa hambatan berbanding terbalik dengan kuat arus [2]. Berdasarkan penelitian Novitasari,Deni.(2011) , dilakukan variasi konsentrasi larutan garam NaCl mulai dari 1;3;5;7 dan 9 M. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwan nilai kerapatan daya (*power density*) terbesar dihasilkan oleh konsentrasi 1 M sebagai larutan garam. Molaritas didefinisikan oleh persamaan berikut [6].

$$M = \text{molaritas} = \frac{\text{mol zat terlarut (mol)}}{\text{liter larutan (L)}} \quad (4)$$

Dengan

$$n = \text{jumlah mol} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{massa molar } (\frac{\text{g}}{\text{mol}})} \quad (5)$$

Panjang jembatan garam yang digunakan adalah 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, 9cm, 10cm, dan 11 cm.

## 2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data tegangan (V) dan kuat arus (I) dilakukan menggunakan *Multimeter*. Pengambilan data ini dilakukan selama 7 hari (168 jam), setiap 2 jam sekali data tegangan dan arus diambil. Dari hasil pengukuran tegangan serta kuat arus listrik yang dihasilkan diperoleh *power density* dan energi listrik dengan persamaan berikut:

$$P = I \cdot V \quad (6)$$

$$P_d = \frac{P}{A} \quad (7)$$

$$E = \sum P \cdot \Delta t \quad (8)$$

Keterangan:

- P = Daya listrik (Watt)
- I = Kuat arus listrik (Ampere)
- A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- P<sub>d</sub> = Power density (Watt/m<sup>2</sup>)
- E = Energi listrik (Joule)
- Δt = Waktu (Sekon)

## 3. Hasil dan Pembahasan

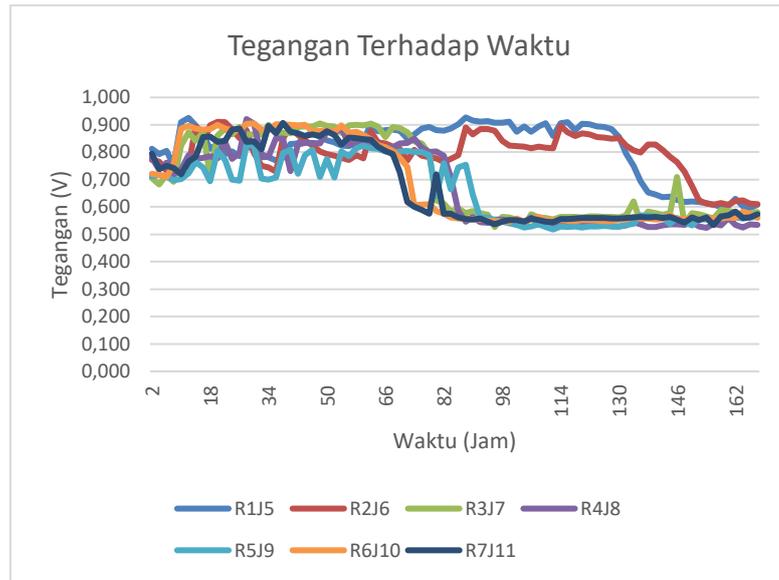
### 3.1. Tegangan Dan Kuat Arus

Pada percobaan ini, dilakukan di Tarogong Kidul, Garut selama 7 hari dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan pada masing-masing reaktor dengan menggunakan *multimeter digital*. Reaktor disini terdiri dari 7 reaktor dengan komposisi lumpur sawah dan limbah cair tahu yang telah dibusukan selama 3 hari dengan perbandingan 1:1 pada reaktor yang mampu menampung 500 mL. Pengambilan lumpur sawah di sekitar rumah penulis di daerah Tarogong Kidul, Garut. Pengambilan dilakukan pada pukul 17.00 WIB. Keadaan sawah mempunyai padai yang siap panen. Sebelum pengambilan lumpur sawah dilakukan pengecekan pH dengan menggunakan pH meter. Pengukuran tegangan pada sistem MFC ini dilakukan dengan menggunakan *Multimeter Nankai* tipe DT850L. Tegangan dan arus diukur setiap 2 jam selama 7 hari. Sebelum membahas mengenai hasil pengukuran tegangan dan arus yang telah dilakukan, pada tabel (a) dijelaskan keterangan yang ada pada grafik hasil penelitian.

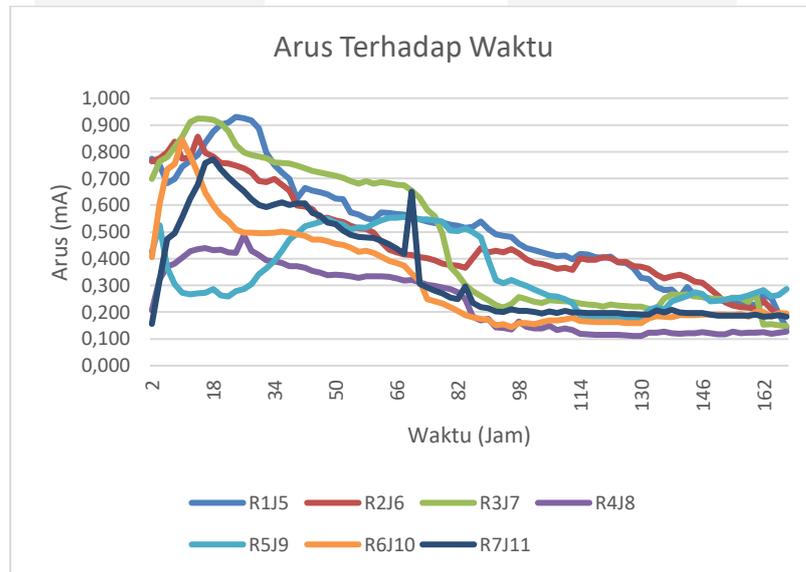
**Tabel (a): Keterangan Penamaan Pada Grafik Variasi Panjang Jembatan Garam**

Reaktor	Panjang Jembatan Garam (cm)	Penamaan Pada Grafik
1	5	R1J5
2	6	R2J6
3	7	R3J7
4	8	R4J8
5	9	R5J9
6	10	R6J10
7	11	R7J11

Adapun hasil dari pengukuran tegangan dan arus yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar (a) dan gambar (b)



(a) Grafik Pengukuran Tegangan



(b) Grafik Pengukuran Kuat Arus

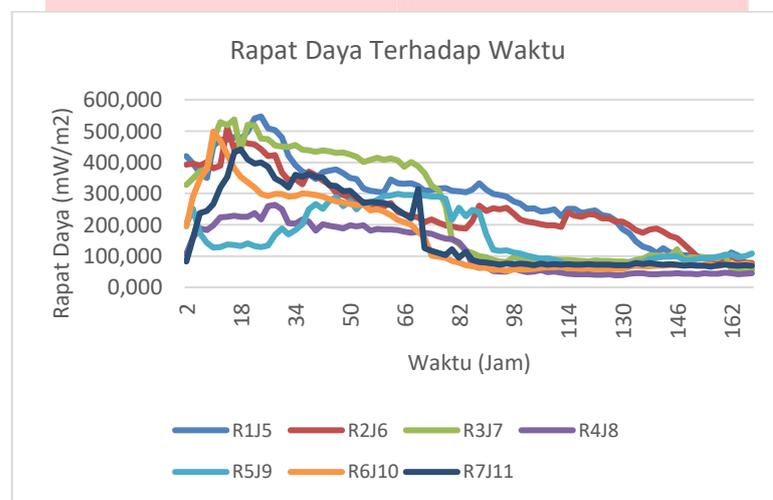
Pada gambar (a) dan (b) menunjukkan hasil dari pengukuran tegangan dan arus yang diambil setiap 2 jam selama 7 hari. Pengukuran yang dilakukan tersebut berasal dari 7 reaktor yang mempunyai panjang jembatan garam yang berbeda-beda. Perbedaan yang dihasilkan pada setiap reaktor menandakan bahwa adanya pengaruh panjang jembatan garam terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem MFC ini. Sehingga bisa mengetahui tegangan dan arus yang lebih besar pada percobaan ini. Tegangan yang dihasilkan dari pengukuran sistem MFC ini menunjukan data yang fluktuatif. Pada reaktor R3J7 sampai R7J11 tegangan yang dihasilkan oleh sistem MFC ini mengalami penurunan pada hari keempat. Sedangkan pada reaktor R1J5 dan R2J6 penurunan yang signifikan terjadi pada akhir-akhir percobaan. Ada beberapa hal yang mungkin terjadi, salah satunya kandungan senyawa organiknya berkurang dikarenakan pada kedua reactor tersebut pengambilan data yang dilakukan berbeda hari sehingga berbeda limbah dan lumpurnya. Puncak Tegangan yang paling tinggi dalam percobaan R1J5 dan R2J6 ini terdapat pada reaktor R1J5 dengan nilai 0,925 V lalu pada percobaan R3J7 sampai R7J11 puncak tegangan yang paling tinggi berada pada R3J7 dengan nilai 0,905 V. sedangkan untuk kuat arus yang dihasilkan secara keseluruhan mengalami peningkatan seiring dengan

pendeknya jembatan garam yang dipaki tetapi semakin lama percobaan maka arus yang dihasilkan semakin kecil juga. Kuat arus yang paling tinggi pada percobaan R1J5 dan R2J6 terdapat pada reaktor R1J6 dengan nilai 0,930 mA lalu pada percobaan R3J7 sampai R7J11 kuat arus yang paling tinggi ada pada R3J7 dengan nilai 0,924 mA. Ada beberapa hal yang mungkin terjadi, salah satunya kandungan senyawa organikanya berkurang dikarenakan terus menerus terdegradasi oleh mikroba.

Sehingga dari grafik diatas bisa dikatakan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan memperlihatkan bahwa pada reaktor pertama nilainya lebih tinggi daripada reaktor lainnya. Hal ini disebabkan karena pendeknya jembatan garam sehingga transfer elektron pada reaktor pertama lebih cepat dibandingkan dengan reaktor lainnya.

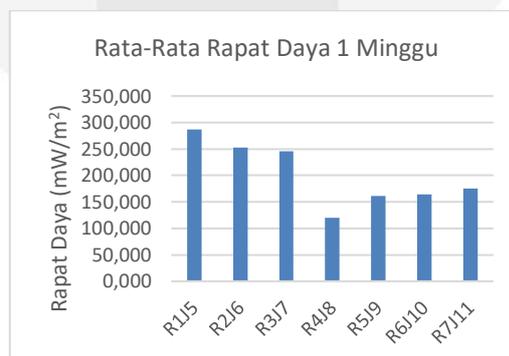
### 3.2. Hasil Pengukuran Rapat Daya

Rapat daya yang dihasilkan pada sistem MFC ini disajikan dengan gambar 4.4 dan 4.5, dikarenakan variasi panjang jembatan garam tiap reaktor berbeda sehingga menghasilkan nilai rapat daya yang berbeda-beda juga.



(c) Hasil Perhitungan Rapat Daya selama 7 Hari

Dari data pengamatan yang diperoleh diatas terlihat bahwa reaktor pertama menghasilkan nilai produksi listrik yang lebih besar selama 7 hari (168 jam) jika dibandingkan dengan 4 reaktor lainnya karena variasi panjang jembatan garam yang berbeda-beda. Tetapi bisa dilihat rata-rata rapat daya dalam 1 minggu pada gambar (a).



(d) Perbandingan Nilai Rapat Daya Rata-Rata Pada Setiap reaktor

Pada grafik rata-rata diatas didapatkan nilai rapat daya terbesar diperoleh dari reaktor 1 yaitu sebesar  $546,840 \text{ Wm}^2$ . Sehingga dapat diperoleh besarnya rapat daya yang dihasilkan tergantung dari seberapa pendeknya jembatan garam pada tiap reaktornya, dari grafik yang ditunjukkan diatas reaktor 1 menduduki nilai produksi listrik yang paling tinggi

karena panjang jembatan garamnya lebih pendek dari reaktor lainnya sehingga terjadi transfer elektron yang lebih cepat daripada reaktor lainnya. Pada reaktor keempat nilainya lebih rendah dari nilai lainnya, ada faktor yang mempengaruhi data yang dihasilkan lebih rendah salah satunya adalah sumbu pilinan kompor yang dimasukkan ke dalam pipa pvc kurang padat menyebabkan arus yang dihasilkan lebih kecil daripada reaktor lain sehingga rapat daya yang dihasilkan paling rendah daripada reaktor lain.

#### 4. Kesimpulan

Pada penelitian MFC ini panjang jembatan garam berpengaruh terhadap produksi daya yang dihasilkan. Puncak nilai tegangan dan arus selama 7 hari yang paling tinggi di percobaan R1J5 dan R2J6 ada pada reaktor R1J5, dengan nilai tegangannya maksimalnya yaitu 0,925 V dan untuk nilai arus maksimalnya yaitu 0,930 mA. Lalu di percobaan R3J7 sampai R7J11 tegangan dan arus yang paling tinggi berada pada R3J7 dengan nilai tegangan maksimalnya adalah 0,905 V dan nilai arus maksimalnya adalah 0,924 mA. Sehingga rata-rata rapat daya yang paling besar berada pada reaktor pertama dengan nilai 546,840 mW/m<sup>2</sup>. Pada reaktor yang paling pendek tidak mengalami kebocoran sehingga larutan di anoda dan di katoda tidak bercampur.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Chan, R (2005). Kimia Dasar: Kom]nsep-Konsep Inti (3rd ed). Jakarta: Erlangga.
- [2] Borole, Abhijet P., 2015. "Microbial Fuel Cells and Microbial electrolyzers". The Electrochem. Society Interface Fall 2015, 55-59..
- [3] Singh, D. (2010). Microbial Fuel Cells: A Green Technology for Power Generation. Scholars Research Library, 3, 128-138.
- [4] Logan, B. E. (2008). Microbial Fuel Cells. New Jersey: John & Wiley Inc.
- [5] Riadi, Sugeng (2012). *Karakteristik Microbial Fuel Cell dari Limbah Cair Tahu dengan Variasi Panjang Jembatan Garam ( Salt Bridge)*.. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya
- [6] Novitasari, Deni. 2011. Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakter Lactobacilus Bulgaricus. Depok: Universitas Indonesia.

## LAMPIRAN

## Lampiran 1

## Perhitungan Preparasi Larutan Jembatan Garam

$$\begin{aligned} \text{Molaritas (M)} &= \frac{\text{jumlah mol zat terlarut (mol)}}{\text{Jumlah volume larutan (L)}} \\ \text{Molaritas (M)} &= \frac{\text{Massa zat terlarut (gr)}}{\text{Jumlah volume larutan (L)} \times \frac{1000}{\text{Volume larutan (mL)}}} \\ 1\text{M} &= \frac{\text{Massa (gr)}}{58,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{500 \text{ (mL)}} \\ \text{Massa} &= \frac{5,85}{2} \\ \text{Massa} &= 29,25 \text{ gr} \end{aligned}$$

**Lampiran 2**  
**Dokumentasi**

