



## The Effect of $\text{KMnO}_4$ and $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ Concentrations on Electrical Production in Fuel Cell Microbial System with *Lactobacillus bulgaricus* Bacteria in a Tofu Whey Substart

Ilmi Muftiana<sup>a</sup>, Linda Suyati<sup>a\*</sup>, Didik Setiyo Widodo<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

\* Corresponding author: [linda\\_suyati@live.undip.ac.id](mailto:linda_suyati@live.undip.ac.id)

### Article Info

#### Keywords:

Microbial Fuel Cell (MFC), tofu whey, *Lactobacillus bulgaricus*,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

#### Kata Kunci:

Microbial Fuel Cell (MFC), whey tahu, *Lactobacillus bulgaricus*,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

### Abstract

Microbial Fuel Cell (MFC) is a bioelectrochemical system that utilize metabolism of microorganisms to produce electrical energy. Microbial fuel cell is a bioelectrochemical system involving redox reactions that required an oxidizing agent in the process. The purpose of this study was to determine the effect of various concentration of electrolyte solution  $\text{KMnO}_4$  and  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  on electricity produced by microbial fuel cell system with *Lactobacillus bulgaricus* in tofu whey substrate. The principle of this study was bioelectrochemistry that changes chemical energy into electrical energy which involves a redox reaction by utilizing microbes. This study used a microbe *Lactobacillus bulgaricus* and substrate tofu whey with 0.39 % carbohydrate content in dual chamber MFC system using a salt bridge as a conductor of protons from anode to cathode. Anode compartment contains a mixture of microbes that have been cultured and phosphate buffer with pH 7 while cathode compartment contained electrolytes  $\text{KMnO}_4$  or  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  in some various concentration that is 0.25 M; 0.2 M; 0.15 M; 0.1 M and 0.01 M with added potassium phosphate buffer pH 7. The MFC system using *Lactobacillus bulgaricus* and substrate tofu whey with 0.39% carbohydrate content and electrolyte solution  $\text{KMnO}_4$  generated maximum potential difference of 99.2 mV at concentration of 0.2 M which was higher than system with electrolyte solution  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  0.2 M that produced maximum potential difference of 48.6 mV.

### Abstrak

*Microbial fuel cell* merupakan sistem bioelektrokimia yang memanfaatkan metabolisme bakteri sehingga dapat menghasilkan listrik. *Microbial fuel cell* melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi, sehingga diperlukan suatu oksidator dalam prosesnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh konsentrasi larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  terhadap listrik yang dihasilkan oleh sistem *microbial fuel cell* dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam substrat whey tahu. Prinsip dari penelitian ini adalah bioelektrokimia yaitu perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang melibatkan reaksi redoks dengan memanfaatkan mikroba. Penelitian ini menggunakan mikroba *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat whey tahu dengan kandungan karohidrat 0,39 % pada sistem MFC *dual chamber* dengan menggunakan jembatan garam sebagai penghantar proton dari anoda ke katoda. Kompartemen anoda berisikan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat whey tahu dan ditambah buffer kalium fosfat pH 7, sedangkan kompartemen katoda berisikan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  dalam beberapa variasi konsentrasi yaitu 0,25 M; 0,2 M; 0,15 M; 0,1 M dan 0,01 M dengan ditambahkan buffer kalium fosfat pH 7. Sistem MFC menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat whey tahu dengan konsentrasi karbohidrat 0,39% dan larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan beda potensial maksimum 99,2 mV yaitu pada konsentrasi 0,2 M yang lebih tinggi daripada dengan larutan elektrolit  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  0,2 M yang menghasilkan beda potensial maksimum 48,6 mV.

## 1. Pendahuluan

*Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan dapat menjadi sumber energi di masa depan. MFC mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik yang menggunakan mikroorganisme [1, 2]. Rangkaian MFC sama seperti *fuel cell* biasa yaitu tersusun dari anoda, katoda, dan larutan elektrolit, namun pada kompartemen anoda digunakan kultur mikroba yang akan melakukan metabolisme dengan menguraikan glukosa menjadi proton, elektron (e), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Elektron dari anoda akan dialirkan menuju katoda melalui sirkuit luar, dan proton berdifusi melalui jembatan garam menuju katoda [3, 4].

Berbagai cara dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi listrik pada sistem MFC, salah satunya adalah dengan menggunakan larutan elektrolit yang tepat dengan konsentrasi yang tepat. Menurut Jia *dkk.* [5], jenis larutan elektrolit yang digunakan pada kompartemen katoda dapat mempengaruhi produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC karena MFC merupakan sistem bioelektrokimia yaitu perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang melibatkan reaksi redoks dengan memanfaatkan mikroba sehingga pada kompartemen katoda diperlukan suatu oksidator yang berperan sebagai penangkap elektron dari kompartemen anoda. Beberapa jenis elektrolit (oksidator) yang digunakan dalam kompartemen katoda dalam sistem MFC antara lain KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>].

Penggunaan kalium permanganat untuk sistem MFC dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* telah dilakukan oleh Arbianti *dkk.* [6] yaitu dengan menggunakan substrat glukosa, selain menggunakan KMnO<sub>4</sub> pada penelitian tersebut juga menggunakan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], hasil yang diperoleh yaitu *power density* untuk sistem MFC dengan KMnO<sub>4</sub> 33,5% lebih besar daripada sistem MFC yang menggunakan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]. Wei *dkk.* (2012) melaporkan bahwa konsentrasi K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] yang digunakan sebagai larutan elektrolit untuk *microbial fuel cell* dengan menggunakan bakteri *Clostridium pasteurianum* berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan

KMnO<sub>4</sub> merupakan suatu oksidator kuat dengan potensial reduksi standar 1,70 V sehingga menjadikan KMnO<sub>4</sub> sering digunakan sebagai asektor elektron dalam suatu sistem elektrokimia termasuk dalam sistem MFC [7]. K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] merupakan suatu oksidator yang bersifat elektroaktif yang mampu menangkap elektron dengan baik dengan harga potensial standar sebesar 0,36 V. Keuntungan menggunakan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] sebagai larutan elektrolit pada sistem MFC yaitu dihasilkannya overpotensial yang rendah apabila menggunakan elektroda karbon. Berdasarkan uraian, maka dalam penelitian ini whey tahu dijadikan sebagai substrat dalam sistem MFC menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan dilakukan pengujian pengaruh jenis dan konsentrasi larutan elektrolit yaitu KMnO<sub>4</sub> (kalium permanganat) dan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] (kalium ferisianida).

## 2. Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Reaktor MFC, Multimeter Digital Heles UX-838TR, Kabel Jepit Buaya, Timbangan Digital, Inkubator, Lemari pendingin, Pipet Mikro, Jarum Ose, Kertas pH, Peralatan gelas laboratorium. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kultur Mikroba *Lactobacillus bulgaricus*, Whey tahu, Susu sapi, Susu kedelai, Laktosa, KCl, Serbuk agar, Grafit, Akuades, NaOH, HCl, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], KMnO<sub>4</sub>, Buffer Kalium Fosfat

### Preparasi Mikroorganisme

Sebanyak 100 mL susu sapi disterilisasi selama 20 menit kemudian setelah didinginkan diinokulasi dengan ditambahkan 1 mL yoghurt yang mengandung *Lactobacillus bulgaricus* dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 35-400 C. Sebanyak 100 mL susu kedelai disterilisasi selama 20 menit kemudian setelah dingin diinokulasi dengan ditambahkan 1 mL bakteri dari susu sapi yang telah diinkubasi sebelumnya, kemudian susu kedelai yang telah diinokulasi diinkubasi selama 24 jam. Sebanyak 100 mL whey tahu yang telah diultrafiltrasi disterilisasi selama 20 menit kemudian setelah dingin diinokulasi dengan ditambahkan 20 µL bakteri dari susu kedelai yang telah diinkubasi sebelumnya, kemudian diinkubasi selama 24 jam.

### Preparasi Elektroda

Elektroda grafit direndam dalam HCl 1 M kemudian dicuci dengan akuades selanjutnya direndam dalam NaOH 1 M dan dicuci kembali dengan akuades sampai saat akan digunakan.

### Preparasi Jembatan garam

Sebanyak 250 mL KCl ditambah dengan 12,5 g serbuk agar kemudian dipanaskan sambil terus diaduk dan setelah agak mengental kemudian dimasukkan ke dalam pipa U dan didinginkan.

### Preparasi Larutan Elektrolit KMnO<sub>4</sub> dan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]

Pembuatan larutan elektrolit KMnO<sub>4</sub> dan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] masing-masing sebanyak 80 mL dengan konsentrasi 0,01 M ; 0,1 M ; 0,15 M ; 0,2 M ; 0,25 M. Larutan elektrolit dengan konsentrasi yang berbeda-beda kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam botol kaca dan ditambahkan 20 mL buffer fosfat dengan pH 7.

### Pengukuran Beda Potensial pada Sistem MFC

Kompartemen anoda diisi dengan 80 mL whey tahu yang telah diinokulasi dengan bakteri kemudian ditambah buffer fosfat sebanyak 20 mL dengan pH 7. Kompartemen katoda diisi dengan 80 mL KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] dengan variasi konsentrasi 0,25 M ; 0,2 M ; 0,15 M ; 0,1 M ; 0,01 M dan ditambah dengan buffer fosfat sebanyak 20 mL. Kemudian dipasang elektroda grafit pada masing-masing kompartemen. Kemudian elektroda dihubungkan dengan multimeter digital dan diukur beda potensial yang muncul setiap satu jam sekali.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### Reaksi Kompartemen Katoda dan Anoda

*Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan sistem bioelektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan memanfaatkan metabolisme mikroba dan melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi. Pada penelitian ini menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat whey tahu. Pada preparasi mikroorganisme dilakukan dengan menginokulasikan bibit *Lactobacillus bulgaricus* dalam susu sapi. Media susu sapi berfungsi untuk tempat bertumbuhnya mikroba *Lactobacillus bulgaricus*, hal ini dikarenakan pada susu sapi mengandung laktosa sehingga mikroba dapat tumbuh, kemudian *Lactobacillus bulgaricus* diinokulasikan pada media susu kedelai, hal ini bertujuan untuk membiasakan mikroba dalam beradaptasi terhadap lingkungan barunya yaitu whey tahu, dimana di dalam whey tahu dan susu kedelai mengandung jenis karbohidrat yang sama yaitu rafinosa.

Elektron yang dihasilkan dari metabolisme mikroba akan ditransfer ke elektroda melalui membran plasma luar mikroba yang disebut dengan sitokrom, elektron dari anoda ditransfer ke katoda melalui sirkuit eksternal, sedangkan proton yang dihasilkan dari metabolisme akan ditransfer dari anoda ke katoda melalui jembatan garam. Jembatan garam yang digunakan adalah jembatan garam KCl sehingga proton ( $H^+$ ) akan dapat terdifusi karena jari-jari  $K^+$  lebih besar daripada jari-jari  $H^+$ . Proton dan elektron pada anoda akan digunakan untuk mereduksi  $Mn^{7+}$  menjadi  $Mn^{4+}$  apabila menggunakan larutan elektrolit  $KMnO_4$  atau untuk mereduksi  $Fe^{3+}$  menjadi  $Fe^{2+}$  apabila menggunakan larutan elektrolit  $K_3[Fe(CN)_6]$ .

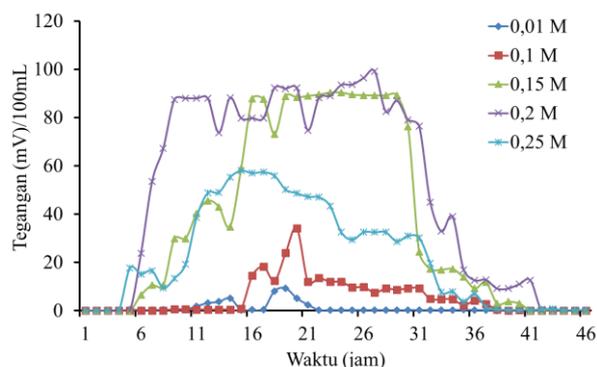
#### Beda Potensial pada Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit $KMnO_4$

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran beda potensial pada dua jenis larutan elektrolit dengan masing-masing lima konsentrasi yang berbeda, larutan elektrolit yang digunakan yaitu  $K_3[Fe(CN)_6]$  (kalium ferisianida) dan  $KMnO_4$  (kalium permanganat) dengan variasi konsentrasi masing-masing 0,01 M ; 0,1 M ; 0,15 M ; 0,2 M ; dan 0,25 M. Penggunaan variasi elektrolit ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jenis elektrolit dan variasi konsentrasi elektrolit dalam menghasilkan beda potensial pada sistem MFC menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat whey tahu.

Desain alat MFC yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem MFC *dual chamber* yang terdiri dari kompartemen anoda dan kompartemen katoda dengan volume masing-masing kompartemen sebesar 100 mL dan digunakan jembatan garam untuk menghubungkan kompartemen anoda dengan kompartemen katoda. Sistem MFC bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia sehingga diperlukan elektroda pada kompartemennya, Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda grafit.

Hasil pengukuran beda potensial dari sistem MFC menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dengan

substrat whey tahu menggunakan larutan elektrolit  $KMnO_4$  pada 5 variasi konsentrasi ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Beda potensial variasi konsentrasi larutan elektrolit  $KMnO_4$

Berdasarkan Gambar 1 terlihat adanya perbedaan profil grafik beda potensial dari masing-masing konsentrasi larutan elektrolit  $KMnO_4$  namun memiliki pola kenaikan dan penurunan yang hampir sama. Pola kenaikan dan penurunan grafik sesuai dengan fase pertumbuhan bakteri yaitu fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Beda potensial maksimum ditunjukkan pada sistem yang menggunakan substrat whey tahu dengan kandungan karbohidrat 0,39% dan larutan elektrolit  $KMnO_4$  dengan konsentrasi sebesar 0,2 M yaitu menunjukkan hasil beda potensial maksimum sebesar 99,2 mV.

Beda potensial yang dihasilkan sistem dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit  $KMnO_4$  dapat dijelaskan melalui persamaan Nerst yaitu:

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[MnO_2]}{[MnO_4^-]}$$

Dari persamaan Nerst tersebut dapat diketahui bahwa potensial dari kompartemen katoda secara umum tergantung pada perbandingan konsentrasi  $MnO_2$  dan  $MnO_4^-$  oleh karena itu dengan adanya variasi konsentrasi maka akan dihasilkan beda potensial akhir yang bervariasi, hasil perhitungan secara teoritis menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan maka nilai  $\frac{[MnO_2]}{[MnO_4^-]}$  akan semakin kecil sehingga potensialnya semakin besar, oleh karena itu hasil penelitian menunjukkan bahwa beda potensial yang dihasilkan sistem MFC dengan larutan elektrolit  $KMnO_4$  dengan konsentrasi 0,2 M menghasilkan beda potensial yang lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi 0,01 M ; 0,1 M ; dan 0,15 M. Hasil perhitungan potensial pada kompartemen katoda dengan variasi konsentrasi menggunakan persamaan Nerst ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1: Data Hasil Perhitungan Potensial Katoda dengan elektrolit KMnO<sub>4</sub>

Konsentrasi KMnO <sub>4</sub> (M)	Potensial Kompartemen Katoda Hasil Perhitungan
0,01 M	1,66032 V
0,1 M	1,68018 V
0,15 M	1,683654 V
0,2 M	1,686132 V
0,25 M	1,688054 V

Untuk konsentrasi 0,25 M menghasilkan beda potensial yang rendah dibandingkan konsentrasi 0,2 M ; 0,15 M ; 0,1 M dan 0,01 M dan tidak sesuai dengan hasil perhitungan secara teoritis karena pada kenyataannya ada faktor lain yang mempengaruhi reaksi yang terjadi di kompartemen katoda, yaitu daya hantar larutan. Daya hantar larutan elektrolit KMnO<sub>4</sub> akan semakin meningkat dengan naiknya konsentrasi tetapi setelah mencapai konsentrasi tertentu daya hantarnya justru turun, hal ini dibuktikan dengan pengukuran daya hantar larutan KMnO<sub>4</sub> pada konsentrasi 0,01 M ; 0,1 M ; 0,15 M ; 0,2 M ; 0,25 M menunjukkan hasil pada Tabel 2

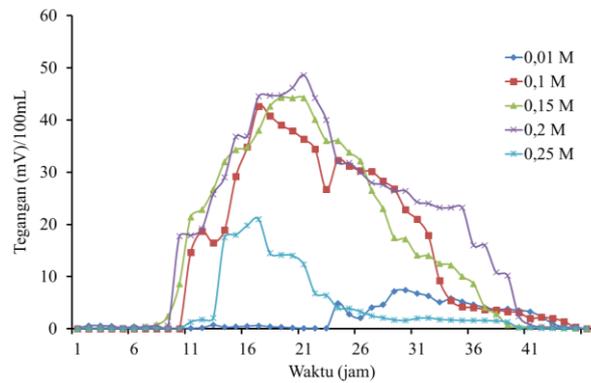
Tabel 2: Data Konduktivitas KMnO<sub>4</sub>

Konsentrasi KMnO <sub>4</sub> (M)	Konduktivitas (mho/cm)
0,01 M	2,0964 x 10 <sup>-5</sup>
0,1 M	2,4752 x 10 <sup>-5</sup>
0,15 M	3,2051 x 10 <sup>-5</sup>
0,2 M	5,1813 x 10 <sup>-5</sup>
0,25 M	2,1052 x 10 <sup>-5</sup>

Pada konsentrasi rendah yang berpengaruh terhadap konduktivitas adalah jumlah ion, apabila jumlah ion yang ada dalam suatu larutan semakin banyak maka akan semakin tinggi konduktivitasnya tetapi setelah mencapai konsentrasi tertentu semakin banyak ion yang ada dalam larutan mobilitas ion dalam larutan akan semakin berkurang sehingga nilai konduktivitas akan menurun.

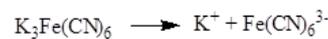
**Beda Potensial pada Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]**

Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan elektrolit terhadap listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC maka dilakukan juga pengukuran beda potensial yang dihasilkan oleh sistem MFC dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]. Hasil pengukuran beda potensial dari sistem MFC menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dengan substrat whey tahu dengan kandungan karbohidrat 0,39% menggunakan larutan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] pada 5 variasi konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 2.

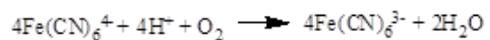
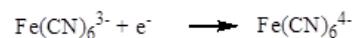


Gambar 2 Beda potensial variasi konsentrasi larutan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]

Sistem MFC dengan menggunakan larutan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] pada kompartemen katoda memanfaatkan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] untuk menangkap elektron yang berasal dari anoda. Di dalam larutan, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] mengalami ionisasi menjadi K<sup>+</sup> dan Fe(CN)<sub>6</sub><sup>3-</sup> sehingga di katoda akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Selanjutnya ion Fe<sup>3+</sup> dari Fe(CN)<sub>6</sub><sup>3-</sup> akan tereduksi menjadi Fe<sup>2+</sup> dengan bantuan elektron yang berasal dari anoda. Kemudian ion Fe<sup>2+</sup> akan kembali teroksidasi oleh proton H<sup>+</sup> yang terdapat di katoda dengan bantuan oksigen. Berikut merupakan reaksi yang terjadi di katoda :



Pertemuan antara proton dan elektron tersebut menyebabkan terjadinya perbedaan potensial antara ujung-ujung elektroda di katoda dan anoda.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa beda potensial maksimum ditunjukkan pada sistem yang menggunakan substrat whey tahu dengan kandungan karbohidrat 0,39% dan larutan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] pada kompartemen katoda dengan konsentrasi sebesar 0,2 M yaitu sebesar 48,6 mV/100mL.

Dari Gambar 2 terlihat adanya perbedaan profil grafik beda potensial dari masing-masing konsentrasi larutan elektrolit K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] hal ini dapat dijelaskan melalui persamaan Nerst yaitu

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Fe(CN)_6^{4-}]}{[Fe(CN)_6^{3-}]}$$

Dari persamaan Nerst tersebut dapat diketahui bahwa potensial kompartemen katoda secara umum tergantung pada perbandingan konsentrasi Fe(CN)<sub>6</sub><sup>4-</sup> dan Fe(CN)<sub>6</sub><sup>3-</sup>  $\frac{[Fe(CN)_6^{4-}]}{[Fe(CN)_6^{3-}]}$  oleh karena itu dengan adanya variasi konsentrasi maka akan dihasilkan beda potensial akhir yang bervariasi, hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan maka nilai  $\frac{[Fe(CN)_6^{4-}]}{[Fe(CN)_6^{3-}]}$  akan semakin kecil sehingga potensialnya semakin besar, yang ditunjukkan pada tabel 3

Tabel 3: Data Hasil Perhitungan Potensial Katoda dengan elektrolit  $K_3[Fe(CN)_6]$ 

Konsentrasi $K_3[Fe(CN)_6]$ (M)	Potensial Kompartemen Katoda Hasil Perhitungan
0,01 M	0,240956 V
0,1 M	0,300478 V
0,15 M	0,31096 V
0,2 M	0,31839 V
0,25 M	0,324165 V

Pada hasil percobaan menunjukkan bahwa beda potensial yang dihasilkan sistem MFC dengan larutan elektrolit  $K_3[Fe(CN)_6]$  dengan konsentrasi 0,2 M menghasilkan beda potensial yang lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi 0,01 M ; 0,1 M ; dan 0,15 M, sedangkan untuk konsentrasi 0,25 M menghasilkan beda potensial yang rendah dikarenakan daya hantar larutan elektrolit  $K_3[Fe(CN)_6]$  akan semakin meningkat dengan naiknya konsentrasi tetapi setelah mencapai konsentrasi tertentu daya hantarnya justru turun, hal ini dibuktikan dengan pengukuran daya hantar larutan  $K_3[Fe(CN)_6]$  pada konsentrasi 0,01 M ; 0,1 M ; 0,15 m ; 0,2 m ; 0,25 menunjukkan hasil pada Tabel 4.

Tabel 4: Data Konduktivitas  $K_3[Fe(CN)_6]$ 

Konsentrasi $K_3[Fe(CN)_6]$ (M)	Konduktivitas (mho/cm)
0,01 M	$1,9531 \times 10^{-5}$
0,1 M	$2,0202 \times 10^{-5}$
0,15 M	$2,2675 \times 10^{-5}$
0,2 M	$3,7735 \times 10^{-5}$
0,25 M	$2,0202 \times 10^{-5}$

Beda potensial yang didapat pada penelitian ini tidak terlalu besar karena besar kecilnya beda potensial yang dihasilkan dari sistem MFC ini berkaitan dengan jumlah substrat yang tersedia untuk dijadikan sebagai sumber nutrisi dalam metabolisme sel dan sumber karbohidrat yang tersedia didalam *whey* tahu pada penelitian ini hanya sekitar 0,39%.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa jenis dan konsentrasi dari larutan elektrolit yang digunakan dalam sistem MFC berpengaruh terhadap beda potensial yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan mampu dihasilkannya beda potensial maksimum sebesar 48,6 mV/100 mL untuk sistem MFC dengan substrat *whey* tahu 0,39% dengan larutan elektrolit  $K_3[Fe(CN)_6]$  dan 99,2 mV/100mL untuk sistem dengan larutan elektrolit  $KMnO_4$ . Hasil ini menunjukkan bahwa larutan elektrolit  $KMnO_4$  dapat menghasilkan beda potensial yang lebih tinggi dibanding apabila menggunakan  $K_3[Fe(CN)_6]$ , hal ini karena harga potensial reduksi standar kalium permanganat lebih tinggi daripada kalium ferisianida yaitu sebesar 1,70 V sedangkan kalium ferisianida sebesar 0,36 V.

Konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan juga berpengaruh terhadap besar kecilnya beda potensial yang

dihasilkan karena sesuai dengan persamaan Nerst, potensial pada kompartemen katoda dipengaruhi oleh konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan, semakin tinggi akan semakin besar potensialnya namun pada hasil penelitian dengan konsentrasi larutan elektrolit 0,25 M untuk sistem MFC dengan substrat *whey* tahu 0,39% menghasilkan beda potensial yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi-konsentrasi dibawahnya, hal ini berhubungan dengan konduktivitas larutan, dikarenakan pada konsentrasi rendah yang berpengaruh terhadap konduktivitas adalah jumlah ion semakin banyak maka akan semakin tinggi konduktivitasnya tetapi setelah mencapai konsentrasi tertentu semakin banyak ion yang ada dalam larutan mobilitas ionnya akan semakin berkurang sehingga nilai konduktivitas akan menurun.

#### 4. Kesimpulan

Sistem MFC menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat *whey* tahu dengan konsentrasi karbohidrat 0,39% dan larutan elektrolit  $KMnO_4$  0,2 M menghasilkan beda potensial 99,2 mV lebih tinggi daripada dengan larutan elektrolit  $K_3[Fe(CN)_6]$  0,2 M yang menghasilkan beda potensial 48,6 mV.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Enas Taha Sayed, Takuya Tsujiguchi, Nobuyoshi Nakagawa, Catalytic activity of baker's yeast in a mediatorless microbial fuel cell, *Bioelectrochemistry*, 86, (2012) 97-101 <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioelechem.2012.02.001>
- [2] Irine Ayu Febiyanti, Ahmad Suseno, Priyono Priyono, Pengaruh Konsentrasi Surfaktan CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide) pada Modifikasi Lempung dengan Oksida Besi sebagai Pemilar, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 16, 3, (2013) 79-83
- [3] Shah K Chirag, BN Yagnik, Bioelectricity production using microbial fuel cell, *Research Journal of Biotechnology*, 8, 3, (2013) 84-90
- [4] Indri Yuliasuti, Pardoyo Pardoyo, Agus Subagio, Modification Effect of Carbon Nanotubes by LiCl (CNTs/LiCl) on the Electrical Conductivity Character, *JURNAL SAINS DAN MATEMATIKA*, 23, 1, (2015) 1-6
- [5] Qibo Jia, Liling Wei, Hongliang Han, Jianquan Shen, Factors that influence the performance of two-chamber microbial fuel cell, *International Journal of Hydrogen Energy*, 39, 25, (2014) 13687-13693 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.04.023>
- [6] Rita Arbianti, Tania Utami, Heri Hermansyah, Deni Novitasari, Ester Kristin, Ira Trisnawati, Performance optimization of microbial fuel cell (MFC) using *Lactobacillus bulgaricus*, *Makara Journal of Technology*, 17, 1, (2013) 32-38
- [7] Mike TL Tobing, Nor Basid Adibawa Prasetya, Khabibi Khabibi, Peningkatan Derajat Deasetilasi Kitosan dari Cangkang Rajungan dengan Variasi Konsentrasi NaOH dan Lama Perendaman, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 14, 3, (2011) 83-88