



Pengaruh Buffer Kalium Fosfat dan Natrium Fosfat terhadap Produksi Listrik dalam Sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) dengan *Lactobacillus bulgaricus* pada Whey Tahu

Desvita Sari^a, Linda Suyati^{a*}, Didik Setiyo Widodo^a

^a Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: linda_suyati@live.undip.ac.id

Article Info	Abstract
<p>Keywords: Microbial Fuel Cell, Phosphate Buffer, pH, Tofu Whey, Potential Difference</p>	<p>Microbial fuel cell (MFC) is a bioelectrochemical system that converts chemical energy into electrical energy via redox reaction encompassing electrons release and electron capture process by utilizing microorganisms. This study aim to determine the potential difference generated in MFC system based on tofu whey substrate in feeding <i>Lactobacillus bulgaricus</i> in phosphates buffer and different pH. This study used dual chamber MFC connecting by a salt bridge to conduct from anode to cathode compartment. Anode compartment contained a mixture of cultivated microbes and potassium phosphate buffer or sodium phosphate buffer in various pH of 5.5, 6, 6.5 and 7. Cathode contained electrolytes KMnO_4 0.2 M, phosphate buffer and pH with same variations. Potential measurements performed at room temperature for 30 hours. The results showed that MFC system using potassium phosphate buffer in 100 mL of system volume at four different pH of 7, 6.5, 6 and 5.5 produced potential difference of 42.2 mV; 32 mV; 30 mV; 29.3 mV respectively. While using sodium phosphate buffer in 100 mL of system volume at the same pH produced highest potential difference of 20 mV; 18.6 mV; 17 mV and 4 mV. Potassium phosphate buffer-MFC system generated potential difference higher than sodium phosphate buffer.</p>
<p>Kata Kunci: Microbial Fuel Cell, Buffer Fosfat, pH, Whey tahu, Beda Potensial</p>	<p>Abstrak</p> <p><i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) adalah sistem bioelektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi dengan memanfaatkan mikroba. Tujuan penelitian ini adalah menentukan beda potensial yang dihasilkan sistem MFC pada substrat whey tahu menggunakan mikroba <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dengan variasi bahan buffer fosfat dan pH. Penelitian ini menggunakan sistem MFC <i>dual chamber</i> dengan jembatan garam sebagai penghantar proton dari kompartemen anoda ke kompartemen katoda. Kompartemen anoda berisi campuran mikroba yang sudah dikultivasi dan buffer kalium fosfat atau buffer natrium fosfat dengan variasi pH, yaitu 5,5; 6; 6,5; 7. Pada katoda berisi elektrolit KMnO_4 0,2 M, buffer fosfat, dan pH dengan variasi yang sama. Pengukuran beda potensial dilakukan pada suhu ruang selama 30 jam. Pengukuran kelistrikan pada sistem MFC menggunakan buffer kalium fosfat pada empat pH berbeda yaitu 7 ; 6,5 ; 6 ; 5,5 dalam 100 mL volume sistem masing-masing menghasilkan beda potensial yaitu sebesar 42,2 mV; 32 mV; 30 mV; 29,3 mV. Sedangkan dalam sistem buffer natrium fosfat dan 100 mL dengan variasi pH yang sama berturut-turut adalah 20 mV ; 18,6 mV ; 17 mV ; 4 mV. Buffer kalium fosfat menghasilkan beda potensial yang lebih besar dibandingkan dengan buffer natrium fosfat.</p>

1. Pendahuluan

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah suatu sistem yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan mikroorganisme [1]. Mikroba melakukan metabolisme dalam keadaan anaerob dengan mengurai glukosa menjadi proton (H^+), elektron (e^-) dan karbondioksida (CO_2), elektron yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber arus listrik. Elektron akan dialirkan menuju katoda melalui sirkuit luar, sedangkan proton berdifusi melalui jembatan garam menuju katoda [2].

Penggunaan bahan buffer dan pH yang tepat dapat meningkatkan produksi listrik pada sistem MFC. Pada anoda penambahan buffer dapat membantu mengurangi perubahan pH, sehingga pH berada pada *range* yang cocok untuk pertumbuhan bakteri yang digunakan [3]. Bahan buffer dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri karena buffer mengandung unsur logam nutrisi yang dibutuhkan bakteri untuk sintesa komponen sel dan menghasilkan energi, seperti kalium dan natrium, sedangkan pada katoda penambahan buffer berfungsi untuk mempertahankan perubahan pH agar tidak terjadi kenaikan pH, karena pH yang tinggi akan menyebabkan OH^- masuk ke anoda [4] dan menghambat transfer proton dari anoda ke katoda sehingga potensial tidak terbaca oleh multimeter.

Air limbah industri pembuatan tahu (*whey* tahu) merupakan salah satu air limbah yang dapat menimbulkan masalah terhadap lingkungan sekitarnya. *Whey* tahu merupakan air buangan sisa proses penggumpalan tahu yang masih terdapat sisa-sisa protein, lemak maupun karbohidrat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam MFC [5].

Mikroba yang digunakan pada penelitian ini adalah *Lactobacillus bulgaricus* yang merupakan bakteri penghasil asam laktat dan dapat dimanfaatkan untuk microbial fuel cell, biasanya hidup pada kisaran suhu optimum 30 - 40°C dengan pH optimal antara 5,5 - 6,2 [6]. Inayati dkk. [7] melakukan variasi substrat yaitu *whey* tahu, glukosa, dan laktosa dalam menghasilkan beda potensial pada sistem MFC *dual chamber* menggunakan buffer kalium fosfat pH 7 dalam 100 mL volume sistem dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* menggunakan jembatan garam sebagai penghantar proton dari kompartemen katoda ke kompartemen anoda, menghasilkan beda potensial sebesar 25,5 mV (*whey* tahu) 24,3 mV (glukosa) dan 27,2 mV (laktosa).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan pengujian pengaruh bahan buffer fosfat, yaitu natrium fosfat dan kalium fosfat serta pH yang berbeda yaitu 5,5 ; 6 ; 6,5 ; 7 yang didasarkan pada *range* pH optimum bakteri, dalam menghasilkan potensial dengan menggunakan mikroba *Lactobacillus bulgaricus* pada sistem MFC dan penggunaan *whey* tahu sebagai substrat.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Reaktor MFC multimeter digital masda DT830B, kabel dan jepit buaya, timbangan digital, inkubator, autoklaf, inkas, kertas pH, peralatan gelas, pipet mikro, aluminium foil, plastik wrap. Kultur mikroba *Lactobacillus bulgaricus*, *whey* tahu susu sapi, susu kedelai, grafit, akuades, NaOH 1M p.a, HCl 1M p.a, 3,727 g padatan KCl p.a, $KMnO_4$ 0,2 M p.a, alkohol 70% 12,5 g agar, larutan buffer kalium fosfat dan natrium fosfat pH 5,5 ; 6 ; 6,5 dan 7 dibeli dari CV.Chem-Mix Pratama (Kretek Kidul, Bantul, Yogyakarta).

Konstruksi MFC

Kompartemen MFC yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua kompartemen yang terdiri dari anoda dan katoda dengan volume masing-masing 100 mL. Kedua kompartemen ini dihubungkan dengan jembatan garam. Pembuatan jembatan garam dilakukan dengan menambahkan 5% agar (w/v) ke dalam larutan KCl 1M, kemudian dipanaskan dan dimasukkan kedalam pipa U. KCl berfungsi sebagai tempat berdifusi proton dari anoda ke katoda. Elektroda yang digunakan dalam sistem MFC ini adalah grafit. Sebelum digunakan, grafit harus dibersihkan dan diaktifkan terlebih dahulu. Elektroda direndam dalam larutan HCl 1M selama 1 hari kemudian dibilas dengan akuades. Selanjutnya elektroda direndam dalam larutan NaOH 1M selama 1 hari dan dibilas dengan akuades. Elektroda direndam dalam larutan akuades hingga saat digunakan.

Preparasi Elektrolit $KMnO_4$ 0,2 M

Pembuatan larutan elektrolit $KMnO_4$ sebanyak 80 mL dengan konsentrasi 0,2 M. Larutan elektrolit kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca dan dijaga agar tidak terkena cahaya matahari dengan cara menutup larutan menggunakan *aluminium foil* karena larutan mudah mengalami fotodekomposisi.

Preparasi Mikroorganisme

Preparasi mikroorganisme dilakukan dengan menginokulasikan 1 ml bibit *Lactobacillus bulgaricus* dari yoghurt dalam 99 ml susu sapi yang telah dipasteurisasi. Susu sapi yang telah diinokulasi bibit mikroba diinkubasi selama 24 jam pada suhu 40°C. Proses inkubasi ini akan menghasilkan 2 bagian yaitu bagian padat dan bagian cair. Bagian cair digunakan sebagai starter berikutnya. Tahap selanjutnya *Lactobacillus bulgaricus* diinokulasikan pada media susu kedelai yang telah dipasteurisasi dan kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 40°C, selanjutnya dilakukan hal yang sama pada media *whey* tahu. Starter mikroba dalam *whey* tahu inilah yang akan digunakan dalam kompartemen anoda pada sistem MFC.

Pengukuran Beda Potensial pada Sistem MFC

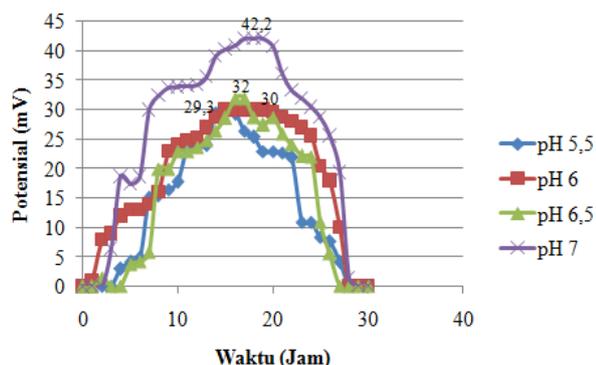
Buffer fosfat yang digunakan adalah buffer kalium fosfat dan natrium fosfat. Buffer ini diletakkan dalam kompartemen katoda dan anoda dengan 2 rangkaian yang berbeda. Rangkaian pertama kompartemen katoda diisi dengan larutan $KMnO_4$ dan buffer kalium fosfat dengan variasi pH 5,5; 6; 6,5; 7, sedangkan pada

kompartemen anoda diisi dengan substrat *whey* tahu yang ditambahkan dengan inokulum *Lactobacillus bulgaricus* dan buffer kalium fosfat dengan variasi pH yang sama. Rangkaian kedua memiliki sistem yang sama dengan rangkaian pertama hanya berbeda pada buffer yang digunakan, yaitu buffer natrium fosfat. Kedua rangkaian pada kompartemen katoda dan anoda diisi dengan elektroda grafit, kemudian elektroda grafit pada masing-masing kompartemen dihubungkan dengan rangkaian kabel pada multimeter digital. Langkah selanjutnya pengamatan beda potensial yang dihasilkan setiap jam selama 30 jam dan dilakukan pada suhu ruang. Berdasarkan data beda potensial yang diperoleh ini dapat dilihat pengaruh bahan buffer fosfat terhadap produksi listrik.

3. Hasil dan Pembahasan

Beda Potensial Menggunakan Buffer Kalium Fosfat

Hasil pengukuran beda potensial menggunakan buffer kalium fosfat dengan 4 variasi pH ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Grafik hasil beda potensial menggunakan buffer Kalium fosfat dalam 100 mL volume sistem

Berdasarkan gambar 1 terlihat perbedaan beda potensial pada sistem MFC menggunakan buffer kalium fosfat dengan 4 variasi pH. Beda potensial maksimum ditunjukkan pada pH 7 dengan beda potensial maksimum sebesar 42,2mV dalam 100 mL volume sistem.

Pada pH 5,5;6 dan 6,5 tidak memiliki perbedaan potensial yang signifikan dan memiliki pola kenaikan dan penurunan yang hampir sama. ketika menggunakan pH yang berbeda dengan pKa dengan kata lain perbandingan antara asam dan garam tidak sama dengan satu maka kapasitas buffer untuk mempertahankan pH menjadi kecil dan tidak optimal sehingga bakteri bermetabolisme tidak optimal pula.

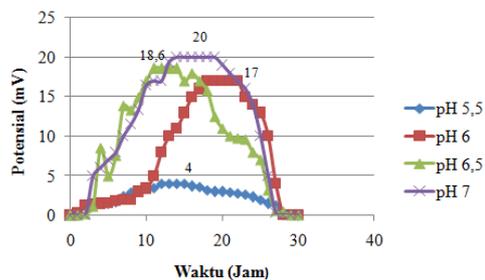
Untuk pH 7 menunjukkan beda potensial maksimum yang dihasilkan. Jenis buffer dan nilai pKa buffer relatif penting untuk menggunakan pH yang diinginkan karena kapasitas buffer maksimum dicapai bila pH larutan hampir sama dengan nilai pKa buffer. Keefektifan suatu larutan penyangga dalam menahan perubahan pH persatuan asam atau basa kuat ditambahkan, mencapai nilai maksimum ketika rasio asam penyangga terhadap garam adalah satu [8]. Dengan demikian, kinerja sistem MFC yang optimal didapat ketika pH larutan dan pKa

buffer yang digunakan sama, sehingga jika terdapat perubahan pH dalam larutan dapat dinetralkan dengan baik dan tidak mempengaruhi metabolisme bakteri. Dengan demikian pada pH 7 bakteri akan tumbuh dengan optimal, sehingga dapat melakukan metabolisme dan mengurai substrat dengan baik dan dapat menghasilkan proton, elektron serta CO₂ dengan maksimal pula. Selain itu, potensial yang dihasilkan pada katoda memiliki potensial reduksi yang tinggi yaitu 1,70 V, sehingga dapat menghasilkan beda potensial yang lebih tinggi pula.

Beda Potensial Menggunakan Buffer Natrium Fosfat

Buffer fosfat yang dapat digunakan selain buffer kalium fosfat adalah buffer natrium fosfat. Natrium juga merupakan logam yang dibutuhkan oleh mikroba untuk pertumbuhannya.

Hasil pengukuran beda potensial menggunakan buffer natrium fosfat pada 4 variasi pH ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2. Grafik Hasil Beda potensial menggunakan buffer Natrium fosfat dalam 100 mL volume sistem

Berdasarkan gambar 2 terlihat beda potensial maksimum yang ditunjukkan pada pH 7 dihasilkan beda potensial maksimum sebesar 20 mV dalam 100 mL volume sistem.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa bahan buffer dan variasi pH pada kedua buffer yang digunakan dalam sistem MFC berpengaruh terhadap beda potensial yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa buffer kalium fosfat menghasilkan beda potensial yang lebih tinggi dibanding menggunakan buffer natrium fosfat. Perbedaan beda potensial yang dihasilkan disebabkan oleh perbedaan daya hantar jenis K⁺ dan Na⁺. Daya hantar jenis bergantung pada jumlah ion yang ada, yang biasanya dikenal dengan daya hantar molar. Daya hantar molar ion untuk K⁺ dan Na⁺ masing-masing sebesar 73,5 Scm²mol⁻¹ dan 50,1 Scm²mol⁻¹. Perbedaan daya hantar molar ini berkaitan dengan mobilitas ion. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan persamaan:

$$\lambda = z\mu F$$

dengan λ adalah daya hantar molar (Scm²mol⁻¹), μ adalah mobilitas ion dan F adalah konstanta Faraday [9]. Semakin besar mobilitas ionik suatu ion maka semakin aktif ion tersebut di dalam larutan, sehingga kontribusi pada daya hantar makin besar.

Menurut Tempest dan Wouters [10], K⁺ merupakan nutrisi yang utama atau diperlukan bagi pertumbuhan mikroba dan berperan lebih baik pada mikroba gram

positif daripada mikroba gram negatif, *Lactobacillus bulgaricus* merupakan mikroba gram positif [6] dengan adanya ion K^+ mikroba dapat tumbuh atau berkembang menjadi lebih banyak, sehingga semakin banyak elektron yang akan dihasilkan pada metabolisme bakteri tersebut yang akan ditransfer dari anoda ke katoda sehingga semakin besar beda potensial yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Sistem MFC yang menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan substrat *whey* tahu dengan menggunakan buffer kalium fosfat menghasilkan beda potensial yang lebih tinggi dibanding dengan sistem MFC menggunakan buffer natrium fosfat berturut-turut, yaitu 42,2 mV dan 20 mV dalam 100 mL volume sistem dan beda potensial maksimum diperoleh untuk kedua buffer yaitu pada pH 7.

5. Daftar Pustaka

- [1] C Lavanya, R Dhankar, S Chhikara, Microbial fuel cells as an alternative energy source: A comprehensive review, *J. of Int, Academic Res. for Multidisciplinary*, 2, 4, (2014) 707-722
- [2] D Singh, D Pratap, Y Baranwal, B Kumar, RK Chaudhary, Microbial fuel cells: a green technology for power generation, *Annals of biological research*, 1, 3, (2010) 128-138
- [3] Geun-Cheol Gil, In-Seop Chang, Byung Hong Kim, Mia Kim, Jae-Kyung Jang, Hyung Soo Park, Hyung Joo Kim, Operational parameters affecting the performance of a mediator-less microbial fuel cell, *Biosensors and Bioelectronics*, 18, 4, (2003) 327-334 [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-5663\(02\)00110-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-5663(02)00110-0)
- [4] Yongtae Ahn, Bruce E. Logan, Saline catholytes as alternatives to phosphate buffers in microbial fuel cells, *Bioresour Technol*, 132, (2013) 436-439 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.113>
- [5] David Hamonangan Sinaga, Linda Suyati, Agustina LN Aminin, Studi Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu sebagai Substrat dan Efek Luas Permukaan Elektroda dalam Sistem Microbial Fuel Cell, *Jurnal Sains dan Matematika*, 22, 2, (2015) 30-35
- [6] Peter HA Sneath, Nicholas S Mair, M Elisabeth Sharpe, John G Holt, *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Volume 2, Williams & Wilkins, 1986.
- [7] Nor Sri Inayati, Agustina L. N. Aminin, Linda Suyati, The Bioelectricity of Tofu Whey in Microbial Fuel Cell System with *Lactobacillus bulgaricus*, 23, 1, 32-38, (2015)
- [8] Arthur Israel Vogel, G. Svehla, *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*, Longman Scientific & Technical, 1987.
- [9] PW Atkins, *Kimia Fisika jilid II*. Kartohadiprodjo II, penerjemah; Rohhadyan T, editor, in, Oxford: Oxford University Press. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*, 1999.
- [10] D. W. Tempest, J. T. M. Wouters, Properties and performance of microorganisms in chemostat culture, *Enzyme and Microbial Technology*, 3, 4, (1981) 283-290 [http://dx.doi.org/10.1016/0141-0229\(81\)90001-6](http://dx.doi.org/10.1016/0141-0229(81)90001-6)