

The Bioelectricity of Tofu Whey in Microbial Fuel Cell System with *Lactobacillus bulgaricus*

Nor Sri Inayati¹, Agustina L.N. Aminin², Linda Suyati^{1,*}

¹Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275, Phone (024) 7474754

²Biochemistry Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University

*Corresponding author's emails: linda_s@undip.ac.id, lindasuyati15@gmail.com

ABSTRACT

Tofu whey is a byproduct of the manufacturing process tofu which containing the remains of protein, fat, carbohydrates and water-soluble substances that do not agglomerate. This study aim was to assess the potential of tofu whey as a substrate in the MFC system and to evaluate the effect of agitation speed to the potential difference generated in the MFC system using *Lactobacillus bulgaricus*. The potential difference in the variation of the substrate was measured against tofu whey, glucose and lactose. The potential difference with agitation speed variation was carried out at speed of 30, 60, 90, 125 and 250 rpm. The highest potential differences in the substrate variation showed relatively similar results, however they were achieved in different times, which the speed was dependent on the complexity of the substrate molecular structure. While the agitation of 90 rpm gave the highest potential difference. These results indicates that tofu whey potential to be used as a MFC substrate.

Keywords: soy whey, microbial fuel cell, Lactobacillus bulgaricus, agitation

ABSTRAK

Whey tahu merupakan produk samping dari proses pembuatan tahu yang mengandung sisa-sisa protein, lemak, karbohidrat dan zat-zat larut air lainnya yang tidak menggumpal. Penelitian ini bertujuan mengkaji potensi whey tahu sebagai substrat dalam sistem MFC dan mengkaji pengaruh kecepatan agitasi terhadap beda potensial yang dihasilkan dalam sistem MFC menggunakan *Lactobacillus bulgaricus*. Pengukuran beda potensial pada variasi substrat dilakukan terhadap whey tahu, glukosa dan laktosa. Beda potensial dengan variasi kecepatan agitasi dilakukan pada kecepatan 30, 60, 90, 125 dan 250 rpm. Beda potensial tertinggi pada variasi substrat menunjukkan hasil yang relatif sama namun dicapai pada waktu yang berbeda, dimana kecepatannya bergantung pada kesederhanaan struktur molekul substrat. Sedangkan agitasi 90 rpm memberikan beda potensial tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa whey tahu berpotensi dimanfaatkan sebagai substrat MFC.

Kata kunci: Whey tahu, Microbial fuel cell, Lactobacillus bulgaricus, agitasi

Pendahuluan

Energi menjadi salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Di Indonesia, penggunaan energi terus mengalami peningkatan seiring dengan

peningkatan penduduk, perekonomian dan perkembangan teknologi. Hal ini membuat ketersediaan energi menjadi penting mengingat sumber energi yang digunakan yaitu minyak bumi [1] tidak dapat diperbarui. Oleh sebab itu diperlukan adanya energi

alternatif yang berkelanjutan. Salah satu energi alternatif yang berkelanjutan adalah *microbial fuel cell* (MFC).

Microbial fuel cell (MFC) merupakan salah satu energi alternatif yang sedang dikembangkan saat ini. MFC mengubah energi kimia menjadi energi listrik menggunakan aktifitas katalitik dari mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik [2]. Alat MFC sama seperti *fuel cell* biasa yaitu tersusun dari anoda, katoda, dan larutan elektrolit. Namun, pada MFC digunakan kultur mikroba dalam kompartemen anoda. Mikroba akan melakukan metabolisme dalam keadaan anaerob dengan menguraikan glukosa menjadi proton, elektron (e) dan karbon dioksida (CO₂). Elektron akan dialirkan menuju katoda melalui sirkuit luar, sedangkan proton berdifusi melalui jembatan garam menuju katoda [3, 4].

Kinerja sistem MFC dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain jenis substrat, jenis larutan elektrolit, jenis elektroda dan luas permukaan elektroda. Substrat merupakan faktor yang sangat berperan dalam besar kecilnya produksi listrik pada sistem MFC. Hal ini dikarenakan substrat adalah sumber nutrisi bagi mikroba untuk melakukan metabolisme. Penggunaan substrat dalam sistem MFC mengarah pada pemanfaatan produk samping dari industri pengolahan makanan atau minuman. Beberapa substrat yang telah digunakan diantaranya adalah *cheese whey* [5], limbah cair industri tapioka, *paneer whey* [6] dan limbah cair industri bir [7]. Salah satu produk samping yang juga dapat dikembangkan sebagai substrat dalam sistem MFC adalah *whey tahu*.

Whey tahu adalah air buangan sisa proses penggumpalan tahu. *Whey tahu* di Indonesia cukup melimpah, karena pabrik tahu dengan berbagai ukuran dan kapasitas produksi sangat banyak. Menurut Nuraida [8], untuk setiap 1 kg bahan baku kedelai dibutuhkan rata-rata 45 L air dan akan dihasilkan produk samping berupa *whey tahu* rata-rata 43,5 L. Di dalam *whey tahu* masih terdapat sisa-sisa protein, lemak maupun karbohidrat dan zat-zat larut air lainnya yang tidak menggumpal [9]. *Whey tahu* yang tidak

dimanfaatkan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena membusuknya senyawa-senyawa organik tersebut, sedangkan pemanfaatannya masih sangat terbatas.

Mikroba yang telah digunakan dalam sistem MFC diantaranya *Geobacter sulfurreducens* [10], *Escherichia coli* [11], *Saccharomyces cerevisiae* [12-14] dan *Shewanella oneidensis* [15, 16]. Penggunaan *Lactobacillus bulgaricus* dalam sistem MFC masih terbatas. Arbianti dkk [17] menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan glukosa sebagai substrat dengan nafion sebagai *proton exchange membrane* (PEM) dan mampu menghasilkan beda potensial sebesar 200 mV/ 100 mL.

Berbagai cara dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi listrik pada sistem MFC. Salah satu cara yang dapat meningkatkan kinerja MFC adalah dengan mengaduk larutan pada kompartemen anoda. Menurut Aremu dan Agarry [18], pengadukan (agitasi) dapat meningkatkan produksi listrik pada sistem MFC karena dapat mempermudah terjadinya tumbukan elektron dengan elektroda. Selain itu, dengan agitasi substrat dapat menyebar rata dalam kompartemen anoda, sehingga mikroba dapat mendegradasi semua senyawa organik yang ada. Namun, jika tidak diberi agitasi mikroba hanya akan mendegradasi senyawa organik yang melayang disekelilingnya, sedangkan yang mengendap tidak mampu didegradasi [19].

Berdasarkan fakta-fakta tersebut, maka dalam penelitian ini *whey tahu* dijadikan sebagai substrat dalam sistem MFC menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan dilakukan pengujian pengaruh kecepatan agitasi terhadap beda potensial yang dihasilkan.

Bahan dan Metode

Bahan: Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kultur mikroba *Lactobacillus bulgaricus*, *whey tahu*, susu sapi, susu kedelai, glukosa 0,8 g, laktosa 0,8g, agar 5 g, grafit, akuades, NaOH 1M, HCl 1M, KCl 1M, KMnO₄ 0,2M, alkohol 70%, K₂HPO₄, KH₂PO₄.

Alat: Peralatan yang digunakan adalah multimeter digital Masda DT830B, kabel dan jepit buaya,

timbangan digital, inkubator, autoklaf, inkas, kertas pH, gelas beker, gelas ukur, erlenmeyer, spatula, kaca arloji, *magnetic stirrer* Thermo Cimarec SP 131010-33, corong, pipet tetes.

Prosedur Kerja

Preparasi Komponen MFC

Konstruksi MFC

Kompartemen MFC yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua kompartemen yang terdiri dari anoda dan katoda dengan volume masing-masing 100 mL dan menggunakan elektroda karbon. Kedua kompartemen ini dihubungkan dengan jembatan garam. Pembuatan jembatan garam dilakukan dengan menambahkan 5% agar (w/v) kedalam larutan KCl 1M, kemudian dipanaskan dan dimasukkan kedalam pipa U.

Preparasi Elektrolit KMnO_4 0,2M

Larutan KMnO_4 0,2M dengan penambahan buffer fosfat pH 7 diisi ke dalam kompartemen katoda dan dijaga agar tidak terkena cahaya matahari dengan cara menutup larutan menggunakan *aluminium foil* karena larutan mudah mengalami fotodekomposisi.

Preparasi Mikoorganisme *Lactobacillus bulgaricus*

Preparasi mikroorganisme dilakukan dengan menginokulasikan bibit *Lactobacillus bulgaricus* dalam susu sapi yang telah dipasteurisasi. Susu sapi yang telah diinokulasi bibit mikroba diinkubasi selama 15 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 15 jam pada suhu 40°C, selanjutnya dilakukan hal yang sama pada media *whhey* tahu. Starter mikroba dalam *whhey* tahu inilah yang akan digunakan dalam kompartemen anoda pada sistem MFC.

Pengukuran Beda Potensial pada Variasi Substrat

Substrat yang digunakan adalah glukosa, laktosa dengan konsentrasi masing-masing 0,8% (w/v) dan *whhey* tahu. Substrat ini ditempatkan dalam kompartemen anoda dan ditambahkan inokulum *Lactobacillus bulgaricus*. Untuk kompartemen katoda berisi larutan KMnO_4 0,2M yang ditambah dengan buffer fosfat pH 7. Kompartemen anoda dan katoda 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. Dari data beda potensial ini dapat dikaji seberapa besar potensi *whhey* tahu untuk dijadikan substrat dalam sistem MFC dengan *Lactobacillus bulgaricus* bila dibandingkan dengan substrat glukosa dan laktosa.

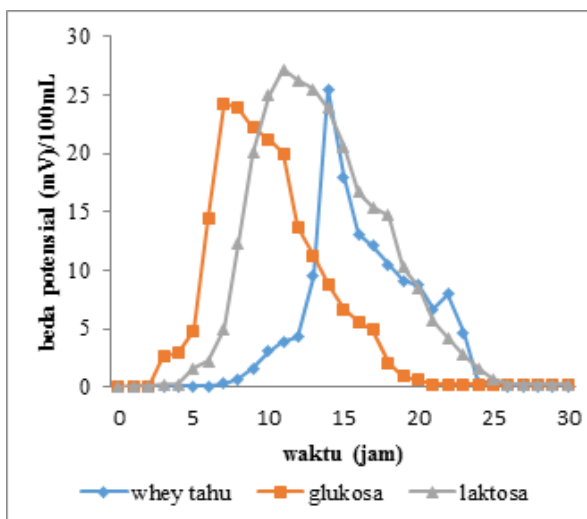
Pengukuran Beda Potensial dengan Pengaruh Agitasi

Kompartemen anoda diisi dengan substart *whhey* tahu dan ditambahkan inokulum *Lactobacillus Bulgaricus*, sedangkan kompartemen katoda diisi dengan campuran larutan KMnO_4 dan buffer fosfat pH 7. Kompartemen anoda dan katoda diisi dengan elektroda grafit, kemudian elektroda grafit pada masing-masing kompartemen dihubungkan dengan rangkaian kabel pada multimeter digital. Pada kompartemen anoda dilakukan agitasi dengan cara menstirer kompartemen anoda dengan variasi kecepatan agitasi pada kecepatan 30 rpm, 60 rpm, 90 rpm, 125 rpm dan 250 rpm, kemudian dilakukan pengukuran beda potensial yang dihasilkan setiap jam selama 30 jam.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Beda Potensial Variasi Substrat

Hasil pengukuran beda potensial dari variasi substrat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Beda potensial variasi substrat

Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa ketiga substrat yang digunakan yaitu *whey* tahu, glukosa dan laktosa mampu menghasilkan beda potensial. Beda potensial maksimum untuk substrat *whey* tahu dihasilkan pada jam ke 14 sebesar 25,5 mV/ 100 mL, untuk substrat glukosa beda potensial maksimum dihasilkan pada jam ke 7 sebesar 24,3 mV/100 mL, sedangkan laktosa beda potensial maksimum dihasilkan pada jam ke 11 yaitu sebesar 27,7 mV/100 mL.

Perbedaan waktu dari ketiga substrat untuk mencapai beda potensial maksimum ini dipengaruhi oleh kekompleksan struktur molekul dari ketiga substrat ini. Glukosa merupakan bentuk gula yang paling sederhana, sehingga langsung dapat dikonsumsi oleh mikroba tanpa membutuhkan waktu yang lama. Berbeda dengan glukosa, laktosa merupakan bentuk disakarida. Laktosa terdiri dari glukosa dan galaktosa, sehingga mikroba membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengkonsumsi laktosa karena harus memecah menjadi molekul yang lebih sederhana dengan bantuan enzim laktase [20]. Begitu pula dengan *whey* tahu yang membutuhkan waktu lebih lama dari laktosa karena karbohidrat didalam *whey* tahu yaitu stasiosa dan rafinosa merupakan bentuk yang kompleks. Untuk dapat mengkonsumsi nutrisi dari *whey* tahu, mikroba harus mensekresikan enzim α -galaktosidase dan enzim

sukrase [21] guna memecah molekul stasiosa dan rafinosa menjadi bentuk yang sederhana yaitu glukosa, fruktosa, dan galaktosa.

Dari gambar 1 juga terlihat adanya perbedaan profil grafik beda potensial dari masing-masing substrat. Substrat glukosa dan laktosa menunjukkan profil kurva beda potensial yang landai, sedangkan untuk *whey* tahu menunjukkan profil yang tajam. Perbedaan profil grafik beda potensial erat kaitannya dengan jumlah sel mikroba. Untuk substrat *whey* tahu, ketika mikroba mencapai jumlah sel maksimumnya semua substrat telah menjadi bentuk yang lebih sederhana, sehingga langsung dikonsumsi oleh mikroba dengan cepat. Ini menyebabkan kurva menghasilkan profil yang tajam. Berbeda dengan substrat *whey* tahu, untuk substrat glukosa dan laktosa nutrisi masih mencukupi saat mikroba mencapai jumlah sel maksimumnya, sehingga profilnya tidak tajam namun landai.

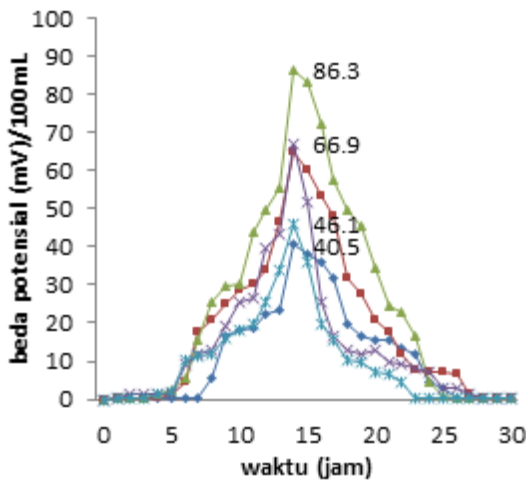
Besar kecilnya beda potensial yang dihasilkan dari sistem MFC ini, berkaitan dengan jumlah substrat yang tersedia untuk dijadikan sebagai sumber nutrisi dalam metabolisme sel. Beda potensial yang didapat pada penelitian ini tidak terlalu besar, hal ini dikarenakan sumber karbohidrat yang tersedia didalam *whey* tahu pada penelitian ini hanya sekitar 0,8%. Hasil ini didapat setelah dilakukan proses ultrafiltrasi, yaitu pemekatan komponen-komponen nutrisi pada sampel *whey* tahu dengan harapan konsentrasi karbohidrat meningkat, sehingga dapat menunjang metabolisme sel. Kadar glukosa dan laktosa yang digunakan disesuaikan dengan kondisi yang pada *whey* tahu yaitu 0,8%, agar dapat terlihat bagaimana potensi *whey* tahu sebagai substrat untuk menghasilkan beda potensial dalam sistem MFC. Keterbatasan sumber makanan ini berdampak pada proses metabolisme yang terhenti pada waktu yang lebih cepat dikarenakan sudah habisnya sumber makanan yang tersedia, dan ditandai dengan kecilnya beda potensial yang dihasilkan dalam sistem MFC.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa *whey* tahu berpotensi untuk dijadikan sebagai substrat dalam sistem MFC. Hal ini dibuktikan dengan mampu

dihasilkannya beda potensial maksimum sebesar 25,5 mV/100 mL. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan substrat glukosa dan laktosa, dimana kadar yang digunakan pada masing-masing substrat sudah disesuaikan dengan kadar karbohidrat yang ada di dalam *wey* tahu. Tahap selanjutnya adalah memaksimalkan kinerja sistem MFC menggunakan substrat *wey* tahu dengan melakukan agitasi pada kompartemen anoda.

Beda Potensial pada Variasi Kecepatan Agitasi

Pengukuran beda potensial pada variasi kecepatan agitasi bertujuan untuk mengkaji pengaruh kecepatan agitasi terhadap beda potensial yang dihasilkan dalam sistem MFC. Pengujian beda potensial pada variasi agitasi dilakukan dengan menstirer kompartemen anoda dengan kecepatan 30 rpm, 60 rpm, 90 rpm, 125 rpm dan 250 rpm.. Sistem MFC dijalankan seperti pada variasi substrat dan didapatkan hasil seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Beda potensial variasi kecepatan agitasi

Data pada gambar 2 menunjukkan bahwa dengan agitasi dapat meningkatkan beda potensial yang dihasilkan. Seiring meningkatnya kecepatan agitasi, beda potensial juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya kecepatan agitasi maka substrat yang mengendap dalam kompartemen anoda akan lebih merata dan mikroba dapat memanfaatkan semua substrat yang ada. Adanya agitasi

membuat substrat yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi akan semakin banyak, sehingga metabolisme sel akan meningkat begitu pula dengan elektron yang dihasilkan juga semakin meningkat (Mathuriya dan Sharma, 2009). Namun, kecepatan agitasi yang terlalu tinggi menyebabkan beda potensial yang dihasilkan mengalami penurunan, seperti pada kecepatan agitasi 125 dan 250 rpm yang hanya menghasilkan beda potensial maksimum sebesar 66,9 mV/100 mL dan 46,1 mV/100 mL. Hasil beda potensial maksimum ini lebih rendah bila dibanding dengan kecepatan agitasi 90 rpm yaitu sebesar 86,3mV/100 mL. Hal ini dikarenakan agitasi yang terlalu cepat membuat waktu kontak antara mikroba dengan substrat lebih singkat, sehingga metabolisme mikroba tidak maksimal.

Waktu kontak antara substrat dan mikroba yang singkat ini menyebabkan produksi elektron oleh mikroba terganggu karena substrat berputar dengan cepat dan membuat mikroba sulit untuk melakukan metabolisme sel, sehingga produksi elektron terhambat. Terhambatnya produksi elektron didalam kompartemen anoda membuat elektron yang ditransfer melalui sirkuit luar sedikit, inilah yang mengakibatkan beda potensial yang dihasilkan pada agitasi yang cepat mengalami penurunan. Disisi lain kecepatan agitasi pada 90 rpm merupakan putaran optimum pada penelitian ini, karena mampu menghasilkan beda potensial yang tertinggi dibanding kecepatan agitasi yang lain. Hal ini dikarenakan pada kecepatan 90 rpm nutrisi yang digunakan oleh mikroba untuk melakukan metabolisme cukup terpenuhi dan waktu kontak antara substrat dan mikroba tidak terlalu singkat. Sehingga mikroba memiliki cukup waktu untuk mengkonsumsi substrat yang ada pada kompartemen anoda. Oleh karena itu elektron yang dihasilkan dari proses degradasi senyawa organik oleh mikroba maksimal, dan ini membuat beda potensial yang dihasilkan lebih tinggi dari pada yang lain.

Kesimpulan

Whey tahu berpotensi untuk dijadikan substrat dalam sistem MFC menggunakan *Lactobacillus bulgaricus*

terbukti dengan dihasilkannya beda potensial maksimum sebesar 25,5 mV/100mL substrat. Hasil penelitian juga menunjukkan dengan adanya agitasi pada kompartemen anoda dapat meningkatkan beda potensial yang dihasilkan, dan kecepatan agitasi maksimum pada penelitian ini adalah 90 rpm.

Daftar Pustaka

- [1] Livinus A Obasi, Charles C Opara, Akuma Oji, (2012), *Performance of Cassava Starch as a Proton Exchange Membrane in a Dual Chambered Microbial Fuel Cell*, International Journal of Engineering Science and Technology, 4 (1),
- [2] Enas Taha Sayed, Takuya Tsujiguchi, Nobuyoshi Nakagawa, (2012), *Catalytic activity of baker's yeast in a mediatorless microbial fuel cell*, Bioelectrochemistry, 86 97-101 <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioelechem.2012.02.001>
- [3] A. Muralidharan, O.A. Babu, K. Nirmalraman, M. Ramya, (2011), *Impact of Salt Concentration on Electricity Production in Microbial Hydrogen Based Salt Bridge Fuel Cell*, Indian Journal of Fundamental and Applied Life Science, 1 (2), 178-184
- [4] Shah K. Chirag, B. N. Yagnik, (2013), *Bioelectricity production using microbial fuel cell*, Research Journal of Biotechnology, 8 (3), 84-90
- [5] Asimina Tremouli, Georgia Antonopoulou, Symeon Bebelis, Gerasimos Lyberatos, (2013), *Operation and characterization of a microbial fuel cell fed with pretreated cheese whey at different organic loads*, Bioresource Technology, 131 380-389 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.12.173>
- [6] Aishwarya D Dalvi, Neha Mohandas, Omkar A Shinde, Pallavi T Kininge, (2011), *Microbial fuel cell for production of bioelectricity from whey and biological waste treatment*, International Journal of Advanced Biotechnology and Research, 2 (2), 263-268
- [7] D Rohan, Verma Deepa, Gavankar Rohan, Bhalerao Satish, (2013), *Bioelectricity production from microbial fuel using Escherichia coli (glucose and brewery waste)*, International Research Journal of Biological Sciences, 2 (7), 50-54
- [8] L Nuraida, (1985), *Pengamatan Terhadap Rangkaian Produksi tahu pada Industri Kecil Tahu di Bondongan Kodya Bogor*, Laporan KKN FATETA IPB, Bogor,
- [9] W. Ben Ounis, C. P. Champagne, J. Makhlof, L. Bazinet, (2008), *Utilization of tofu whey pre-treated by electromembrane process as a growth medium for Lactobacillus plantarum LB17*, Desalination, 229 (1-3), 192-203 <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2007.08.019>
- [10] NgocTrung Trinh, JongHyeok Park, Byung-Woo Kim, (2009), *Increased generation of electricity in a microbial fuel cell using Geobacter sulfurreducens*, Korean Journal of Chemical Engineering, 26 (3), 748-753 10.1007/s11814-009-0125-7
- [11] Keith Scott, Cassandro Murano, (2007), *Microbial fuel cells utilising carbohydrates*, Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 82 (1), 92-100 10.1002/jctb.1641
- [12] M Rahimnejad, N Mokhtarian, G Najafpour, W Daud, A Ghoreyshi, (2009), *Low voltage power generation in abiofuel cell using anaerobic cultures*, World Applied Sciences Journal, 6 (11), 1585-1588
- [13] Shaheen Aziz, Abdul Rehman Memon, Syed Feroz Shah, Suhail A Soomro, Anand Parkash, Abdul Sattar Jatoti, (2013), *Electricity Generation from Sewage Sludge using Environment-Friendly Double Chamber Microbial Fuel Cell*, Science International, 25 (1),
- [14] G. D. Najafpour, M Rahimnejad, N Mokhtarian, Wan Ramli Wan Daud, AA Ghoreyshi, (2010), *Bioconversion of whey to electrical energy in a biofuel cell using Saccharomyces cerevisiae*,

World Applied Sciences Journal, 8 (Special Issue),
1-5

- [15] Justin C Biffinger, Lloyd J Nadeau, Jeremy Pietron, Orianna Bretschger, Cynthia C Williams, Kenneth H Neelson, Brad R Ringeisen, Glenn R Johnson, (2008), *Electrochemically Active Soluble Mediators from Shewanella oneidensis: Relevance to Microbial Fuel Cells and Extracellular Electron Transfer*, in, DTIC Document.
- [16] Martin Lanthier, Kelvin B Gregory, Derek R Lovley, (2008), *Growth with high planktonic biomass in Shewanella oneidensis fuel cells*, FEMS microbiology letters, 278 (1), 29-35
- [17] Rita Arbianti, Tania Surya Utami, Heri Hermansyah, Deni Novitasari, Ester Kristin, Ira Trisnawati, (2013), *Performance Optimization of Microbial Fuel Cell Using Lactobacillus bulgaricus*, Makara Journal of Technology, 17 (1), 32-38 10.7454/mst.v17i1.1925
- [18] O.M. Aremu, E.S. Agarry, (2010), *Bioelectricity Generation Potential of Some Nigerian Industrial Wastewater Through Microbial Fuel Cell (MFC) Technology*, International Journal of Research in Science and Technology, 2 (5), 40-48
- [19] Abhilasha S Mathuriya, VN Sharma, (2010), *Bioelectricity production from various wastewaters through microbial fuel cell technology*, Journal of Biochemical Technology, 2 (1), 133-137
- [20] Albert L. Lehninger, (2000), *Principles of Biochemistry*, Erlangga, Jakarta
- [21] Moez Rhimi, Nushin Aghajari, Bassem Jaouadi, Michel Juy, Samira Boudebbouze, Emmanuelle Maguin, Richard Haser, Samir Bejar, (2009), *Exploring the acidotolerance of β -galactosidase from Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus: an attractive enzyme for lactose bioconversion*, Research in Microbiology, 160 (10), 775-784 <http://dx.doi.org/10.1016/j.resmic.2009.09.004>