

## Produksi Biolistrik menggunakan Microbial Fuel Cell (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu

Indah Sulistiyawati<sup>1</sup>, Nur Laila Rahayu<sup>1</sup>, Fitria Septiana Purwitaningrum<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto

Email: i.sulistiyawati@unupurwokerto.ac.id

### Abstract

The use of electricity in Indonesia with energy sources from fossils still dominates compared to other energy sources. Of the total power plant capacity in the country today, coal-fired steam power plants (PLTU) still dominate, namely 24,883 MW or 48% of the total domestic generating capacity of 52,231 MW. Fossil as a non-renewable fuel is produced continuously and will certainly run out. Development of renewable alternative energy is needed and the amount is not limited to being a renewable energy source. An alternative renewable energy source that has been developed to produce alternative electrical energy, one of which is a microbial fuel cell (MFC). This study aims to utilize *Lactobacillus bulgaricus* bacteria to metabolize waste water tofu and tempeh as a substrate in the MFC system to produce electrical energy. Research using tofu waste substrate has been carried out, but the use of tempeh waste substrate has never been done, and the use of a mixture of waste substrate is not yet known. Microbial Fuel Cell (MFC) using *L. bulgaricus* in tofu waste produced a potential voltage with the highest yield of 282 mV and the number of bacterial cells reached  $12.4 \times 10^6$  CFU / mL at the 5th hour incubation, whereas the mixture of tempeh and tofu waste produces a bioelectric potential of 274 mV at the 3rd hour incubation

**Keyword:** Microbial Fuel Cell, *Lactobacillus bulgaricus*, Tempe and tofu waste

### Abstrak

Penggunaan listrik di Indonesia dengan sumber energi dari fosil masih mendominasi dibandingkan sumber energi lainnya. Dari total kapasitas pembangkit listrik di Tanah Air saat ini, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbahan batu bara masih mendominasi, yaitu 24.883 MW atau 48% dari total kapasitas pembangkit di dalam negeri 52.231 MW. Fosil sebagai bahan bakar tidak terbarukan diproduksi secara terus menerus dipastikan akan habis. Diperlukan pengembangan energi alternatif yang bersifat terbarukan dan jumlahnya tidak terbatas untuk menjadi sumber energi terbarukan. Sumber energi alternatif terbarukan yang banyak dikembangkan untuk memproduksi energi listrik alternatif salah satunya adalah microbial fuel cell (MFC). Penelitian ini bertujuan memanfaatkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam memetabolisme limbah cair tempe dan tahu sebagai substrat dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian menggunakan substrat limbah tahu sudah pernah dilakukan, akan tetapi penggunaan substrat limbah tempe belum pernah dilakukan, serta penggunaan substrat campuran limbah keduanya belum diketahui potensinya. Microbial Fuel Cell (MFC) menggunakan *L. bulgaricus* pada limbah tahu menghasilkan potensial voltase biolistrik dengan hasil tertinggi sebesar 282 mV dan jumlah sel bakteri mencapai  $12,4 \times 10^6$  CFU/mL pada inkubasi jam ke-5, sedangkan pada limbah campuran tempe dan tahu menghasilkan potensial listrik sebesar 274 mV pada inkubasi jam ke-3.

**Kata kunci:** Microbial Fuel Cell, *Lactobacillus bulgaricus*, Limbah tempe dan tahu

### Pendahuluan

Penggunaan listrik di Indonesia dengan sumber energi dari fosil masih mendominasi dibandingkan sumber energi lainnya. Dari total kapasitas pembangkit listrik di Tanah Air saat ini, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbahan batu bara masih mendominasi, yaitu 24.883 MW atau 48% dari total kapasitas pembangkit di dalam negeri 52.231 MW. Posisi kedua ditempati pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU) yang berbahan bakar gas sebesar 11.262 MW atau 22%. Pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yang berbahan bakar solar sebesar 5.771 MW atau 11%. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) dan pembangkit listrik tenaga mesin dan gas (PLTMG) sebesar 3.944 MW atau 8% (Data BPS dan Kementerian ESDM (2017) dalam <http://industri.bisnis.com> (2018)).

Bahan bakar fosil yang digunakan secara terus menerus dapat menimbulkan ancaman serius yaitu akan semakin menipisnya cadangan minyak bumi, ketidakstabilan harga, dan

menimbulkan polusi gas rumah kaca akibat pembakaran bahan bakar fosil. Peningkatan berbagai gas rumah kaca tersebut diperkirakan menjadi penyebab utama dari perubahan iklim dunia ini. Perubahan iklim tersebut diamati dengan fakta adanya peningkatan suhu bumi. Peningkatan suhu tersebut menimbulkan peningkatan permukaan air laut. Keadaan tersebut juga disertai dengan banyaknya kejadian banjir dan kekeringan di wilayah bumi ini (Sleutels *et al.*, 2010).

Masalah tersebut diatas perlu dicarikan solusi dengan inovasi tepat guna dengan mencari potensi energi terbarukan untuk masa depan energi listrik Indonesia. Fuel cell merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi peningkatan kebutuhan energi. Sistem ini bersifat ramah lingkungan, karena tidak menimbulkan pencemaran lingkungan, bahkan dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan limbah. Proses yang terjadi di

dalam *fuel cell* merupakan kebalikan dari elektrolisis, yaitu hidrogen dan oksigen direaksikan dalam sel untuk memproduksi air dan arus listrik (Sitorus, 2010). Unit dasar dari *fuel cell* yaitu terdiri dari dua elektroda yaitu anoda dan katoda, bahan bakar, dan elektrolit. Anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi, sedangkan untuk katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi.

Teknologi baru yang sudah banyak dikembangkan untuk memproduksi energi listrik alternatif salah satunya adalah *microbial fuel cell* (MFC) sebagai aplikasi teknologi *bioelectrochemical system*. *Microbial fuel cell* merupakan salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan materi organik (substrat) sebagai sumber energi bakteri dalam melakukan aktivitas metabolismenya untuk menghasilkan listrik (Bruce, 2008; Singh *et al.*, 2010). MFC adalah bioreaktor yang mengubah energi kimia dari senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik mikroorganisme dalam kondisi anaerob (Logan, 2007). Bakteri digunakan dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik dan menguraikan materi organik dari substratnya (Du *et al.*, 2007). Pada sistem MFC terdiri dari anoda, katoda, dan larutan elektrolit. Mikroba akan melakukan metabolisme pada kompartemen anoda dalam keadaan anaerob mengurai substrat menjadi proton, elektron (e) dan karbondioksida CO<sub>2</sub> (Putra *et al.*, 2014).

Air limbah industri pembuatan tahu dan tempe merupakan salah satu air limbah yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah cair tahu dan tempe mempunyai karakteristik yang mengandung bahan organik tinggi dan kadar polutan lainnya yang cukup tinggi, jika langsung dibuang ke badan perairan akan mampu menurunkan kualitas air bersih lingkungan. Penggunaan air limbah dalam sistem MFC mempunyai keuntungan tersendiri yaitu polutan dalam limbah cair dapat menjadi sumber karbon untuk menghasilkan energi listrik (Li *et al.*, 2011). Penerapan MFC tidak hanya membantu proses pengolahan air limbah tetapi juga menghasilkan energi listrik yang simultan (Timotius, 2017).

Pabrik tahu dan tempe memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko penurunan kualitas air pada badan perairan. Limbah cair tahu dan tempe merupakan air limbah yang berasal dari buangan sisa proses penggumpalan tahu dan pencucian kedelai, sehingga masih mengandung sisa-sisa protein, lemak, maupun karbohidrat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam metode MFC (Sinaga *et al.*, 2014). *Whey* tahu (produk samping pabrik tahu) telah diteliti dapat digunakan sebagai bahan MFC karena masih terdapat nutrisi yang dapat digunakan sebagai sumber makanan untuk metabolisme mikroba

(Ismawati *et al.*, 2015). Jenis limbah organik lainnya yang dapat digunakan sebagai substrat MFC adalah limbah kentang dan pupuk (Patrick *et al.*, 2011)

Sistem MFC dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran oleh limbah tahu (Sari *et al.*, 2016). Penelitian menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang merupakan bakteri penghasil asam laktat dan dapat dimanfaatkan untuk *microbial fuel cell*, dengan kondisi ekologis tumbuh pada pH optimal antara 5,5 – 6,2 dan suhu optimum 30-40 °C (Peter *et al.*, 1986). *Lactobacillus bulgaricus* dengan substrat glukosa dapat digunakan sebagai nafion *Protein Exchange Membrane* (PEM) (Arbianti *et al.*, 2013). Penelitian Inayati (2014) menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dengan substrat glukosa dan limbah tahu dapat menghasilkan potensial listrik yang berbeda yaitu pada limbah tahu sebesar 25,5 mV, dan glukosa 24,3 mV. Penelitian MFC dengan substrat whey tahu telah dilakukan oleh Sinaga *et al.*, (2014) menggunakan bakteri *Sacharomyces cerevisiae*. Substrat yang sering digunakan pada penelitian yaitu memiliki kandungan monosakarida dan disakarida, kemampuan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam memecah senyawa organik tersebut pada limbah tahu berpotensi menghasilkan energi listrik.

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam memetabolisme limbah air tahu dan tempe sebagai substrat dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik.

## Metode

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat dan bahan adalah sebagai berikut : alat yang dipakai pada penelitian ini meliputi; wadah plastik (toples), obeng, *cutter*, multimeter digital DT 920 A.2 DV, pH meter, oven, gelas ukur, cawan petri, ose, kabel, jepit buaya, inkubator, autoklaf, labu erlenmeyer, pipet ukur, mikro pipet, shaker, pipet 100 ml, penangas air, botol semprot, solder, lem tembak, selang/pipa, kapas/kasa, karet gelang, kabel.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu : alkohol, spirtus, limbah cair pabrik industri tempe, limbah cair pabrik industri tahu, kultur *Lactobacillus bulgaricus* yang diperoleh dari kultur Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, aquades, NaCl 1M, Media MRSA (De Man, Rogosa, and Sharpe Agar), Media MRSB (De Man, Rogosa, and Sharpe Broth),

## Cara Kerja Tahapan Penelitian

Penelitian di lakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, dimulai bulan Maret – Juli

2018. Adapun cara kerja tahapan penelitian sebagai berikut :

**a. Preparasi elektroda**

Elektroda tembaga dengan ukuran 2 x 10 cm direndam dalam NaCl 1M selama 24 Jam, kemudian direndam dalam aquades hingga saat digunakan.

**b. Preparasi bioreaktor**

Bioreaktor dibuat dari bahan plastik (wadah toples) dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm dengan penutup. Bagian ujung-ujung lapisan tutup bioreaktor dilubangi menggunakan solder. Salah satu bagian penutup tabung dilubangi dengan ukuran 1 x 1 cm untuk tempat katoda.

**c. Preparasi kultur *Lactobacillus bulgaricus***

Kultur murni bakteri *L. bulgaricus* ditumbuhkan pada medium MRSB 100 ml (*De Man, Rogosa, and Sharpe Broth*) pada labu erlenmeyer steril, dan diinkubasi selama 24 jam dalam suhu 37°C. Inokulum kultur *Lactobacillus bulgaricus* diujicobakan pada media limbah tahu dan tempe sebagai preparasi awal masa inkubasi selama 24 jam.

**d. Preparasi substrat**

Substrat diperoleh dari limbah cair industri pabrik tempe dan tahu sebanyak 5 liter, lalu ditampung dalam derigen. Sebelum digunakan limbah tersebut diinkubasi dengan didiamkan selama 2 x 24 jam.

**e. Eksperimen *Microbial Fuel Cell***

Setelah preparasi substrat dan kultur *Lactobacillus bulgaricus* selesai dilakukan, inokulum *Lactobacillus bulgaricus* diinokulasikan pada substrat. Substrat dan inokulum yang ada di dalam bioreaktor diinkubasi terlebih dahulu selama 12 jam sebelum dilakukan pengamatan. Eksperimen dilakukan dengan cara mengamati tegangan (mV) dan penghitungan jumlah sel bakteri *Lactobacillus bulgaricus* setiap 1 jam sekali selama 7 jam perlakuan. Alat multimeter digital DT 920 A.2 DV disambungkan ke sistem MFC dengan penjepit buaya pada setiap variasi perlakuan. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan voltase (mV).

Pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap 1 jam, selama 7 jam masa inkubasi.

**f. Analisis Data**

Data nilai voltase dari penelitian ini dianalisis dengan metode statistik uji ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95%.

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian produksi biolistrik menggunakan *microbial fuel cell* (MFC) dengan perlakuan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada

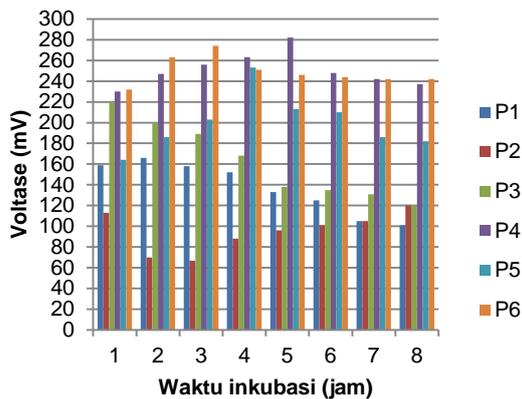
substrat limbah tempe dan tahu menghasilkan bahwa perlakuan tersebut dapat menghasilkan voltase listrik yang berbeda bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan. MFC yang digunakan menggunakan sistem dual chamber, dengan pemisahan dua ruang yaitu anoda dan katoda, dimana anoda limbah tempe dan tahu atau campurannya serta untuk katodanya menggunakan larutan garam fisiologis.

**Hasil pengukuran tegangan voltase listrik**

Pada tahapan ini eksperimen dilakukan pada media; tanpa dan dengan perlakuan pemberian bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada limbah pabrik tahu, tempe dan campuran (limbah tahu ditambahkan tempe). Pengukuran voltase tegangan (mV) telah dilakukan setiap 1 jam sekali selama 8 jam berturut-turut pada media dengan perlakuan P1 (limbah tahu tanpa perlakuan); P2 (limbah tempe tanpa perlakuan); P3 (limbah campuran tahu dan tempe); P4 (limbah tahu ditambahkan *Lactobacillus bulgaricus*); P5 (limbah tempe ditambahkan *Lactobacillus bulgaricus*); P6 (limbah campuran tahu dan tempe ditambahkan *Lactobacillus bulgaricus*). Hasil pengukuran voltase (mV) di sajikan pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil penelitian pengukuran voltase (mV) yang disajikan pada Gambar 1 diatas, diketahui bahwa voltase tertinggi yaitu pada perlakuan media limbah tahu dengan penambahan inokulum *Lactobacillus bulgaricus* dengan nilai voltase 282 mV pada pengukuran jam ke- 5. Pengukuran voltase terendah yaitu pada perlakuan limbah tempe tanpa bakteri *Lactobacillus bulgaricus* (P2) sebesar 67 mV pada pengamatan jam ke -3. Pengukuran beda potensial pada perlakuan campuran limbah tahu dan tempe ditambah *Lactobacillus bulgaricus* (P6), menunjukkan hasil pengamatan yang stabil dari jam ke- 1 sebesar 232 mV sampai dengan jam ke- 8 sebesar 242 mV. Berdasarkan uji ANOVA nilai voltase, pada perlakuan dengan pemberian inokulum *Lactobacillus bulgaricus* memberikan hasil dengan nilai Karena  $f > f_{crit}$  ( $349,888986 > 3,06029177$ ) maka hasilnya signifikan atau (\*). Adanya perlakuan tersebut dapat meningkatkan jumlah voltase dibandingkan tanpa perlakuan.

Pada perlakuan media limbah panambahan inokulum *Lactobacillus bulgaricus* dibandingkan dengan tanpa penambahan inokulum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap potensial voltase yang dihasilkan. Adanya pemberian inokulum *Lactobacillus bulgaricus* memberikan hasil potensial voltase yang mengalami peningkatan. Inokulum bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dinilai dapat memanfaatkan limbah tahu dan tempe sebagai substrat pertumbuhan dan menghasilkan potensial energi biolistrik.



Gambar 1. Histogram pengukuran voltase (mV) pengukuran voltase (mV) pada sistem MFC (*Microbial Fuell Cell*) dual chamber dengan dan tanpa perlakuan penambahan *Lactobacillus bulgaricus* (P1, P2, P3, P4, P5, P6).

**Pertumbuhan inokulum bakteri *Lactobacillus bulgaricus***

Peningkatan potensial voltase yang dihasilkan dengan perlakuan tersebut juga sebanding dengan pertumbuhan inokulum bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada media tersebut. Berikut tabel yg menyajikan data rata-rata jumlah (CFU/mL) dengan masa inkubasi 8 jam dengan media susbrtat pertumbuhan limbah tahu (P4); limbah tempe (P5); dan campuran kedua limbah tersebut (P6).

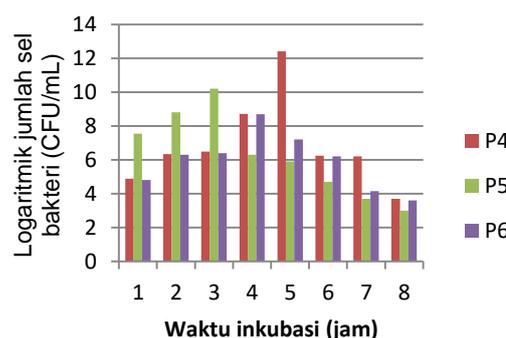
Tabel 2. Pertumbuhan jumlah sel bakteri *Lactobacillus bulgaricus* (CFU/mL) selama masa inkubasi 8 jam, pada perlakuan P4,P5,dan P6.

Jam ke-	Perlakuan P4	Perlakuan P5	Perlakuan P6
1	$4,88 \times 10^6$	$7,55 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$
2	$6,34 \times 10^6$	$8,8 \times 10^6$	$6,3 \times 10^6$
3	$6,48 \times 10^6$	$10,2 \times 10^6$	$6,4 \times 10^6$
4	$8,72 \times 10^6$	$6,3 \times 10^6$	$8,7 \times 10^6$
5	$12,4 \times 10^6$	$5,9 \times 10^6$	$7,2 \times 10^6$
6	$6,24 \times 10^6$	$4,7 \times 10^6$	$6,2 \times 10^6$
7	$6,20 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6$	$4,14 \times 10^6$
8	$3,69 \times 10^6$	$3,0 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$

Berdasarkan data penelitian yg disajikan pada tabel 2, menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* mengalami peningkatan pertumbuhan dimulai pada jam ke – 3 dan ke – 4, yang ditunjukkan pada perlakuan P4 sebesar  $8,72 \times 10^6$  CFU/mL, dan P5 sebesar  $10,2 \times 10^6$  CFU/mL pada jam ke-3 dan P6 sebesar  $8,7 \times 10^6$  CFU/mL pada jam ke-4. Peningkatan jumlah sel bakteri juga menunjukkan optimalisasi kemampuan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam mendegradasi substrat limbah tahu dan tempe untuk diubah menjadi potensial energi

listrik. Fase pertumbuhan optimal bakteri dilihat juga pada optimalisasi potensial voltase yang dihasilkan pada jam ke -3 dan ke-4, sebagai berikut; pada P4 di jam ke-4 menghasilkan potensial voltase sebesar 263 mV, pada perlakuan P5 di jam ke – 3 sebesar 253 mV, dan P6 di jam ke-4 sebesar 251 mV. Adapun potensial voltase akan mengalami penurunan pada jam ke - 8, dengan menurunnya jumlah pertumbuhan sel bakteri, berturut-turut yang disajikan pada gambar 2.

Berdasarkan gambar 2 pertumbuhan sel bakteri mengalami masa stasioner dan kematian pada masa inkubasi jam ke – 7 sampai jam ke -8. Pada perlakuan P4 pertumbuhan mengalami penurunan setelah memasuki jam ke -8 sebesar  $3,69 \times 10^6$  CFU/mL; perlakuan P5 penurunan sebesar  $3,0 \times 10^6$  CFU/mL; serta pada P6 sebesar  $3,6 \times 10^6$  CFU/mL. Pada perlakuan P4 dengan masa inkubasi jam ke-5 menunjukkan jumlah sel bakteri yang terbesar jumlahnya mencapai  $12,4 \times 10^6$  CFU/mL, dan diiringi dengan potensial voltase yang dihasilkan sebesar 282 mV, tertinggi diantara perlakuan yang lainnya. Peningkatan jumlah sel bakteri yg maksimum menunjukkan adanya proses degradasi substrat yang semakin cepat dan maksimal sehingga ketersediaan nutrisi akan cepat habis, hal ini diperlihatkan pada jam ke- 6 ada penurunan jumlah bakteri mencapai  $6,24 \times 10^6$  CFU/mL. Pada grafik adanya fase kematian ditandai dengan penurunan jumlah sel bakteri , yang diakibatkan oleh terjadinya penumpukan konsentrasi substrat produk metabolisme yang dapat bersifat toksik, serta penurunan jumlah nutrisi sehingga mengakibatkan adanya kompetisi nutrisi (Prayogo *et al.*, 2017).



Gambar 2. Histogram pertumbuhan sel bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada tiap perlakuan selama inkubasi 8 jam, pada media substrat dengan penambahan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* (P4, P5, dan P6).

Pertumbuhan jumlah sel bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada media substrat limbah tahu dan tempe dipengaruhi juga oleh faktor lingkungan yaitu pH dan suhu. Bakteri

*Lactobacillus bulgaricus* memiliki pH pertumbuhan optimal yaitu 5,5-6,2 dan biasanya hidup pada kisaran suhu optimum 30-40 °C (Peter *et al.*, 1986). Pada penelitian ini selama masa inkubasi 8 jam pH substrat berkisar antara 5-6. Faktor suhu juga mempengaruhi pertumbuhan saat inkubasi penelitian ini suhu bakteri *Lactobacillus bulgaricus* berkisar antara 30 °C, dan suhu tersebut merupakan suhu optimal untuk pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* (Peter *et al.*, 1986).

## Simpulan

Penambahan perlakuan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada MFC dengan media limbah tahu dan tempe maupun campuran mampu memberikan hasil optimal dalam menghasilkan voltase listrik dibandingkan tanpa perlakuan, meskipun tidak memberikan hasil yang berbeda nyata.

## Daftar Referensi

- Arbianti, R., Utami, T., Hermansyah, H., Novitasari, D., Kristin, E., & Trisnawati, I., 2013. Performance Optimization of Microbial Fuel Cell Using *Lactobacillus bulgaricus*. *Makara Journal of Technology*, 17(1), pp. 32-38.
- Bruce, E. L., 2008. *Microbial Fuel Cells*. John Wiley & Sons.
- Data BPS & Kementerian ESDM. 2017 dalam <http://industri.bisnis.com>. 2018 (diakses tanggal 15 Mei 2019).
- Du., Zhuwei., Li, H., & Gu, T., 2007. A State of the Art Review on Microbial Fuel Cell : a Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy. *Biotechnology Advances*, 25, pp. 464-482.
- Inayati, N.S., Aminin, A.L.N., & Suyati, L., 2015. The Bioelectricity of Tofu Whey in Microbial Fuel Cell System with *Lactobacillus bulgaricus*. *Jurnal Sains dan Matematika*, 23(1), pp. 32-38.
- Ismawati, Aminin, A.L.N., & Suyati, L., 2015. Whey Tahu sebagai Penghasil Bioelektrisitas pada sistem Microbial Fuel Cell dengan *Lactobacillus plantarum*. *Jurnal Sains dan Matematika*, 23(2), pp. 43-49.
- Li, B., Scheible, K., & Curtis, M., 2011. *Electricity Generation From Anaerobic Wastewater Treatment In Microbial Fuel Cells*. Water Environment Research Foundation. New York State Energi Research And Development Authority.
- Logan, B.E., 2007. *Microbial Fuel Cells*. Wiley-Interscience. ISBN 978-0-470-23948.
- Patrick, D., Cusick, K.R., Call, D.F., Salembro, P.A., Regan, J.M., & Logan, B.E., 2011. Anode Microbial Communities Produced by Changing From Microbial Fuel Cell to Microbial Electrolysis Cell Operation Using Two Different Wastewater, *Biosource Technology*, 102(1), pp:388-394.
- Peter, Sneath, H.A., Mair, N.S., Elisabeth, M., Sharpe, & Holt, J.G., 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2 William & Wilkins.
- Putra, A., Nuryanto, R., & Suyati, L., 2014. Lactose Bioelectricity on A Microbial Fuel Cell System Parallel Circuit using *Lactobacillus bulgaricus*. *Jurnal Sains dan Matematika*, 22(4), pp. 107-111.
- Prayogo, F.A., Supriyadi, A., & Raharjo, 2017. Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Bakteri *Bacillus subtilis* dengan Substrat Limbah Septic Tank Serta Pengaruhnya Terhadap Kualitas Limbah. *Jurnal Biologi*, 6(2), pp.17-25.
- Sari, D., Suyati, L., & Setiyo, D., 2016. Pengaruh Buffer Kalium Fosfat dan Natrium Fosfat terhadap Produksi Listrik dalam Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) dengan *Lactobacillus bulgaricus* pada Whey Tahu. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(3), pp. 107-110.
- Sinaga, D.H., Suyati, L., & Aminin, L.N., 2014. Studi Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu sebagai Substrat dan Efek Luas Permukaan Elektroda dalam Sistem

- Microbial Fuel Cell. *Jurnal Sains dan Matematika*, 22(2), pp. 30-35.
- Singh, D., Pratap, D., Baranwal, Y., Kumar, B., and Chaudhary, 2010. Microbial fuel cell: a green technology for power generation. *Annals of Biological Research*, 1(3), pp. 128-138.
- Sitorus, B, 2010. Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba. *Jurnal ELKHA Universitas Tanjungpura*, 2(1), pp 1-5.
- Sleutels, & Tom, H.J.A., 2010. *Microbial Electrolysis. Kinetics and Cell Design (Dissertation)*. Netherlands: Wageningen University.
- Timotius, K.H., 2017. Simultaneous Wastewater Treatment and Electricity Production Using Microbial Fuel Cells (MFC). *Jurnal Teknis dan Ilmu Komputer*, 06 (22), pp. 113-124.