BIO-CONS: Jurnal Biologi dan Konservasi
Volume 6 No. 1, Juni 2024
p-ISSN : 2620-3510, e-ISSN: 2620-3529
DOI : https://doi.org/10.31537/biocons.v6i1.1808

PEMANFAATAN LIMBAH CAIR TEMPE DENGAN PENAMBAHAN *Lactobacillus acidophilus* MENGGUNAKAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) MENJADI BIOLISTRIK

UTILIZATION OF TEMPE LIQUID WASTE WITH THE ADDITION OF *Lactobacillus Acidphilus* USING A MICROBIAL FUEL CELL (MFC) TO BECOME BIOELECTRICITY

Renny Novita Asri Sejati[*)], Rasyidah, Rizki Amelia Nasution
[*)]*Corresponding Author*
Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
*Email: rennynovitaasri5@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi baru yang sedang banyak dikembangkan sebagai penyediaan sumber listrik alternatif salah satunya yaitu *Microbial Fuel Cell* (MFC). Penelitian ini menggunakan substrat dari limbah cair tempe dan bakteri *Lactobacillus acidophilus*. Desain sistem MFC yang digunakan yaitu *dual-chamber* dengan masing-masing reaktor memilki volume 500 ml. Penelitian yang dilakukan pada sistem MFC yaitu limbah cair tempe murni dan limbah cair tempe dengan penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus*, dengan waktu inkubasi 9 hari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi bakteri *Lactobacillus acidophilus* dalam meningkatkan energi listrik yang dihasilkan menggunakan sistem MFC dan untuk mengetahui waktu (hari) optimum yang dapat menghasilkan energi listrik yang tinggi. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah eksperimental, yaitu dilakukannya dua eksperimen pada substrat limbah cair tempe pada sistem MFC. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa adanya perubahan kuat arus dan tegangan yang dihasilkan dari masing-masing ekperimen substrat. Potensi energi listrik yang lebih baik dihasilkan dari substrat limbah cair tempe dengan penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus*. Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bakteri *Lactobacillus acidophilus* berpotensi dalam meningkatkan energi listrik. Waktu (hari) optimum yang menghasilkan energi listrik pada penggunaan limbah cair tempe murni yaitu pada hari ke-3 dengan besar tegangan listrik 2,21 mV, arus listrik 1,42 mA dan power density 4,92 mW/m2. Pada limbah cair tempe dengan penambahan *Lactobacillus acidophilus* menghasilkan energi listrik yang tinggi pada hari ke-3 . Pada hari ke-3 dihasilkan tegangan listrik sebesar 2,53 mV, arus listrik 1,69 mA dan *power density* 6,71 mW/m2.

Kata Kunci*: Lactobacillus acidophilus*, Limbah Cair Tempe, *Microbial Fuel Cell*.

ABSTRACT

New technologies that are being developed to provide alternative electricity sources, one of which is Microbial Fuel Cell (MFC). This research uses a substrate from tempeh liquid waste and Lactobacillus acidophilus bacteria. The MFC system design used is dual-chamber with each reactor having a volume of 500 ml. The research carried out on the MFC system was pure tempeh liquid waste and tempeh liquid waste with the addition of Lactobacillus acidophilus bacteria, with an incubation time of 9 days. The aim of this research is to determine the potential of Lactobacillus acidophilus bacteria in increasing the electrical energy produced using the MFC system and to determine the optimum time (day) that can produce high electrical energy. The method used in this research was experimental, namely carrying out two experiments on tempe liquid waste substrate in the MFC system. The results of this research show that there are changes in the strength of the current and voltage resulting from each substrate experiment. The potential for better electrical energy is produced from liquid tempe waste substrate with the addition *of Lactobacillus acidophilus* bacteria. The conclusion of the research shows that the use of *Lactobacillus acidophilus* bacteria has the potential to increase electrical energy. The optimum time (day) for producing electrical energy when using pure tempe liquid waste is on the 3rd day with an electric voltage of 2.21 mV, an electric current of 1.42 mA and a power density of 4.92 mW/m2. Tempeh liquid waste with the addition of *Lactobacillus acidophilus* produces high electrical energy on the 3rd day. On the 3rd day, an electric voltage of 2.53 mV, an electric current of 1.69 mA and a power density of 6.71 mW/m2 were produced.

Keywords: *Lactobacillus acidophilus*, Tempeh Liquid Waste, Microbial Fuel Cell.

PENDAHULUAN

Permasalahan krisis energi tidak bisa diabaikan begitu saja. Pilihan penggunaan sumber energi tak terbarukan menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya krisis energi (Bachry, 2019). Sumber energi tak terbarukan, seperti batubara, merupakan sumber energi yang paling banyak digunakan. Namun krisis energi dapat dicegah dengan menyeimbangkan produksi energi dari batu bara dengan produksi energi dari sumber terbarukan. Hal ini memberikan dasar bagi para peneliti untuk mencari sumber energi alternatif yang ramah lingkungan (Hermayanti dan Irwan, 2014).

Teknologi baru yang dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik alternatif salah satunya yaitu *Microbial Fuel Cell* (MFC). Teknologi ini sangat ramah lingkungan dan dapat menjadi sumber energi listrik di masa depan (Kristin: 2012). Alat atau sistem yang disebut dengan MFC menggunakan bakteri (mikroorganisme) sebagai biokatalis di anoda dengan proses anaerobik sehingga menghasilkan biolistrik.

Biolistrik adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan listrik yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Energi yang dimiliki jaringan biologis berasal dari ATP (*Adenosin Tri Fosfat*), yang dibuat oleh mitokondria selama respirasi sel, energi ini dikenal sebagai biolistrik. Sel memiliki kemampuan untuk menghasilkan potensial listrik, yang diwakili oleh lapisan tipis bermuatan negatif pada permukaan bagian dalam membran dan lapisan kecil muatan positif

pada bagian luarnya (Nana, 2021).

Sistem sel bahan bakar mikroba bekerja dengan cara sebagai berikut: mikroba pada ruang anoda melakukan metabolisme dalam kondisi anaerobik, kemudian memecah substrat menjadi proton (H^{+}), elektron (e-), dan karbon dioksida (CO2). Elektron yang dihasilkan dari proses ini dapat digunakan sebagai sumber arus listrik (Sulistiyawati *et al*., 2020). Energi listrik yang dihasilkan diukur dalam bentuk tegangan listrik, kuat arus dan kerapatan daya (*power density*). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan substart dari berbagai jenis limbah, baik limbah domestik maupun limbah industri, dapat menghasilkan energi listrik. Keuntungan sistem MFC adalah dapat menggunakan karbon dari polutan untuk menghasilkan energi listrik (Yogaswara *et al*., 2017).

Limbah makanan seperti limbah cair tempe merupakan salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai substrat pada sistem MFC. Hal ini disebabkan karena tempe merupakan bahan pangan yang tidak sesuai dan mengandung banyak karbohidrat, protein, dan lemak sehingga dapat membahayakan lingkungan dengan menimbulkan bau yang tidak sedap. salah satu kontaminan utama di perairan saat ini (Zalukhu *et al*., 2019), karena kandungan bahan organik yang tinggi, limbah cair tempe mudah membusuk dan menimbulkan bau yang tidak sedap (Hermayanti dan Irwan, 2014).

Menurut Sayow *et al*. (2020), tiga senyawa organik yang terdapat pada limbah cair tempe adalah protein, karbohidrat dan lemak. Protein memiliki konsentrasi tertinggi yaitu 40%–60%, karbohidrat 25%–50%, dan lemak 10%. Sistem MFC yang memanfaatkan limbah cair tempe dapat mengurangi polusi. Ciri-ciri limbah cair tempe adalah tingginya kandungan bahan organik dan kadar polutan lainnya, sehingga ketika mikroba melakukan metabolisme dapat menggunakan bahan organik tersebut sebagai sumber makanan. Glukosa menjadi bahan organik yang dibutuhkan untuk metabolisme. Proses di mana bakteri mengubah glukosa menjadi ATP disebut glikolisis.

Bakteri asam laktat telah lama digunakan dalam industri makanan karena dapat mengubah gula termasuk laktosa dan karbohidrat lain menjadi asam laktat (Leoanggraini dan Bintang, 2011). Penelitian ini melakukan penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus* pada substrat sistem MFC untuk meningkatkan hasil dari energi listrik. Bakteri *Lactobacillus acidophilus* digunakan karena bakteri ini dapat berkembang dengan kondisi lingkungan tumbuh pada pH optimal antara 5,5-5,8. Kemampuan bakteri *Lactobacillus* sp. dalam mengurai senyawa organik seperti monosakarida dan disakarida tersebut pada limbah berpotensi meningkatkan hasil energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri

Lactobacillus acidophilus dalam meningkatkan energi listrik yang dihasilkan menggunakan sistem MFC dan untuk mengetahui waktu (hari) optimum yang dapat menghasilkan energi listrik yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel limbah cair tempe dilakukan di salah satu pabrik pembuatan tempe di daerah Medan Tuntungan. Preparasi kultur bakteri *Lactobacillus acidophilus* dan pengukuran tegangan listrik menggunakan sistem *microbial fuel cell* (MFC) dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA USU. Penelitian ini dilakukan pada bulan November hingga Desember 2023.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor MFC 500 mL, jerigen, neraca digital, multimeter digital, penjepit buaya, kabel penghubung, elektroda grafit, pipa pvc, pipet ukur, gelas ukur, *autoklaf*, cawan petri, stopwatch, erlenmeyer, jarum ose, hot plate stirrer, dan inkubator.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat limbah cair tempe, bakteri *Lactobacillus acidophilus*, media MRS broth (de Man RAgosa and Sharpe), agar *swallow*, aquades, alkohol 70%, NaOH 1 M, HCl 1 M, garam KCl, dan KMnO4 (Kalium permanganat).

Prosedur Kerja

A. Preparasi Substrat Limbah Cair Tempe

Substrat berasal dari proses produksi tempe di daerah Medan. Air limbah tempe ditampung dan dimasukkan ke dalam jerigen yang telah disterilkan dengan alkohol 70%, untuk menjamin sampel limbah cair bebas dari kontaminan, maka ditambahkan alkohol 70% pada 1/3 isi jerigen. Limbah cair tempe yang dikumpulkan sebanyak 2 L.

B. Pembuatan Inokulum *Lactobacillus acidophilus*

Timbang 5,2 gram MRS Broth, larutkan dalam 100 ml aquades dan sterilkan dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121ºC. Setelah sterilisasi, media didinginkan sampai suhu ruang. Isolat bakteri diperoleh dengan jarum 3 ose. Kemudian, pindahkan bakteri ke dalam inokulum. Terakhir, inkubasi inokulum dalam inkubator pada suhu 37°C selama 48 jam.

C. Preparasi Elektroda

Setelah direndam dalam larutan HCl 1 M selama satu sampai dua hari, elektroda grafit (karbon aktif) dicuci dengan air suling. Selanjutnya elektroda direndam dalam larutan NaOH

1 M selama 124 jam dan selanjutnya dicuci dengan aquades. Sampai siap digunakan, elektroda direndam dalam air suling.

D. Preparasi Reaktor MFC

Bioreaktor yang digunakan ialah wadah bahan plastik (toples) dengan ukuran 500 mL dengan penutup. Bagian tutup bioreaktor dilubangi menggunakan solder sebagai tempat masuknya kawat tembaga.

E. Preparasi Salt Bridge (Jembatan Garam)

Jembatan garam dibuat dari campuran 5 gram agar *swallow* yang dilarutkan kedalam 100 mL aquades dan dipanaskan kemudian ditambahkan 3 gram KCl, kemudian homogenkan dengan hotplate. Setelah itu larutan dimasukkan ke dalam pipa dan di dinginkan hingga digunakan.

F. Preparasi Elektrolit

Larutan Kalium Permanganate (KMnO4) merupakan larutan yanng akan digunakan untuk elektrolit. Dalam penelitin ini 450 ml aquades digunakan untuk melarutkan 71,8 gram Kalium Permanganat.

Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan pengaruh variasi parameter operasional yang berbeda terhadap kinerja sistem MFC. Tegangan (V) dan kuat arus (I) yang diperoleh dari pengukuran menggunakan multimeter digital menunjukkan kinerja sistem MFC ini. Kepadatan daya (*power density*), atau daya per satuan luas permukaan elektroda, dapat dihitung menggunakan data kekuatan arus dan tegangan. Rumus ini dapat digunakan untuk menentukan kepadatan daya (*power density*):

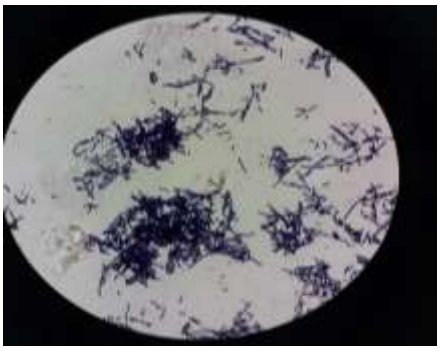
$$\textbf{Power density (mW/m}^{\textbf{2}}\textbf{)} = \frac{I\ (mA) \times V\ (volt)}{A\ (m^2)}$$

Keterangan:
I = Arus (mA)
V = Tegangan (mV)
A = Luas area elektroda (m^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Bakteri *Lactobacillus acidophilus*

Bakteri *Lactobacillus acidophilus* termasuk bakteri asam laktat (BAL) yang sering digunakan sebagai mikroba probiotik. *Lactobacillus acidophilus* termasuk kedalam bakteri gram positif. Bakteri ini biasanya berbentuk batang panjang dan berbentuk rantai yang pendek. pH optimal bakteri ini untuk tumbuh antara 5,5-5,8. Bakteri ini dapat tumbuh dalam kondisi aerob maupun anaerob. Menurut Habibillah (2009) zat organik seperti glukosa dalam limbah dapat diuraikan oleh bakteri *Lactobacillus acidophilus* (Gambar 1.), sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

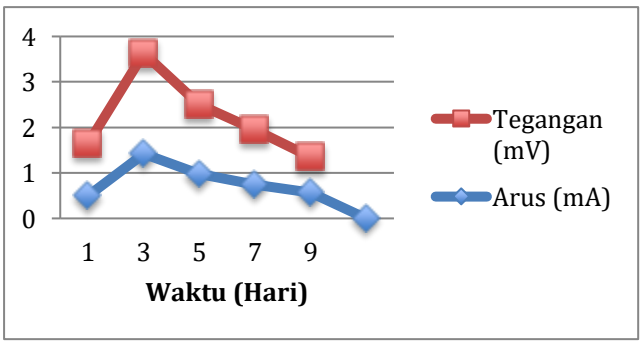


Gambar 1. Bakteri *Lactobacillus acidophilus*

B. Hasil Pengukuran Energi Listrk pada Sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC)

a. Potensi Energi Listrik Substrat Limbah Cair Tempe Tanpa Penambahan Bakteri *Lactobacillus acidophilus*

Penelitian ini menghasilkan pengukuran kuat arus dan tegangan pada substrat limbah cair tempe tanpa penambahan bakteri selama 9 hari menggunakan multimeter digital (Gambar 2.).

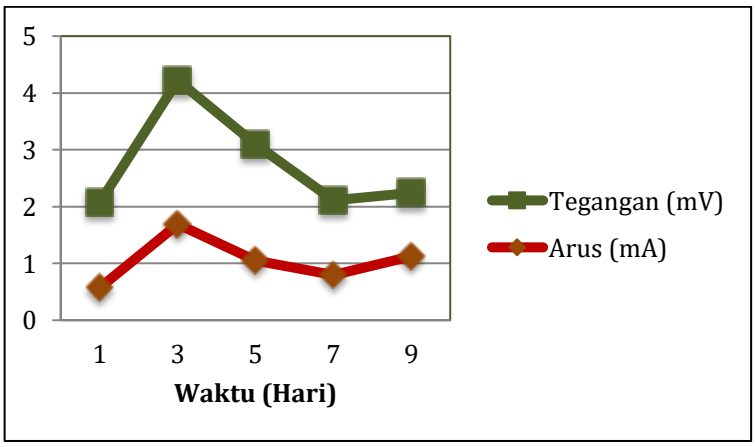


Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi MFC terhadap Tegangan dan Arus Tanpa Penambahan Bakteri

Gambar 2. menunjukkan hasil perubahan arus dan tegangan listrik. Adanya peningkatan dan penurunan pada hasil tegangan dan arus disebabkan oleh adanya fase hidup mikroorganisme pada limbah cair tempe. Terdapat mikroorganisme pada substrat limbah cair tempe seperti bakteri dan jamur, salah satu contohnya adalah jamur pada tempe yaitu *Rhizopus oryzae*. Pada inkubasi substrat hari pertama mikrorganisme berada pada fase *lag* yaitu bakteri beradaptasi dengan lingkungan barunya. Kemudian pada hari ke-3 hasil pengukuran lebih tinggi dibandingkan hari lainnya, hal ini karena mikroorganisme aktif membelah atau biasa disebut dengan fase *log* atau eksponensial untuk meningkatkan jumlah sel pada mikroorganisme, sehingga memungkinkan lebih banyak proton dan elektron tercipta dari aktivitas metabolisme dan meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan. Kemudian mikroorganisme masuk pada fase *stasioner* pada hari ke-5 dan ke-7 dimana pada tahap ini, laju pertumbuhan dan kematian sama, sehingga jumlah mikroorganisme tetap/konstan. Pada hari ke-9 bakteri memasuki fase kematian karena tegangan dan kuat arus yang dihasilkan semakin turun. Tegangan dan arus maksimum yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu pada hari ke-3, dengan besar tegangan 2,21 mV dan kuat arus 1,42 mA.

b. Potensi Energi Listrik Substrat Limbah Cair Tempe dengan Penambahan Bakteri *Lactobacillus acidophilus*

Data hasil pengukuran tegangan dan kuat arus pada substrat limbah cair tempe dengan dilakukannya penambahan bakteri pada substrat. Dengan dilakukannya penambahan bakteri tegangan dan kuat arus yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan limbah cair tempe tanpa penambahan (Gambar 3.).



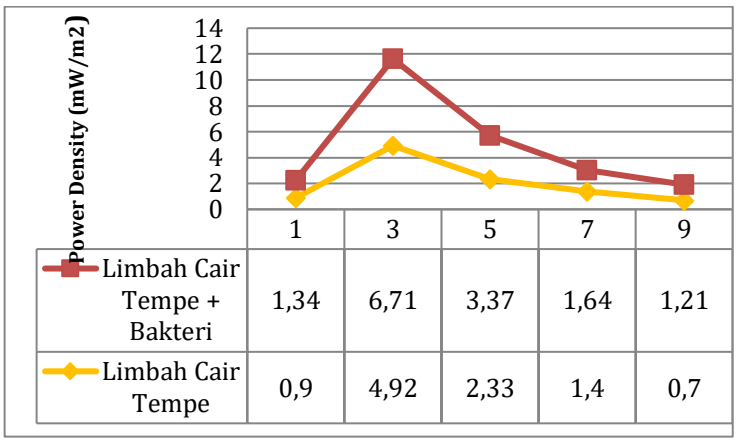
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi MFC terhadap Tegangan dan Arus dengan Penambahan *Lactobacillus acidophilus*

Gambar 3. menunjukkan hasil perubahan tegangan dan arus listrik dengan penambahan bakteri pada limbah cair tempe. Seperti yang sudah dijelaskan terjadinya peningkatan penurunan tegangan dan arus listrik disebabkan oleh adanya fase dalam kehidupan bakteri. Bakteri *Lactobacillus acidophilus* telah beradaptasi dengan pada substrat limbah cair tempe selama 24 jam atau biasa disebut dengan fase *lag*. Tegangan maksimum yang dihasilkan terjadi di hari ke-3 yaitu sebesar 2,53 mV dan arus sebesar 1,69 mA, hal terjadi karena bakteri *Lactobacillus acidophilus* yang digunakan sedang berada pada fase *eksponensial*, pada fase ini bakteri melakukan pembelahan dan metabolisme. Setelah 3 hari, tegangan yang dihasilkan mengalami penurunan sedikit demi sedikit, hal ini menunjukkaan bakteri masuk pada tahap *stasioner* pada hari ke-5. Fase ini ditandai dengan mulai terhambatnya pertumbuhan bakteri, keadaan dimana jumlah sel hidup dari pembelahan sama dengan jumlah sel yang mati, seakan-akan tidak ada terjadinya pertumbuhan. Penurunan tegangan terjadi pada hari ke-7 dan 9, hal ini dikarenakan bakteri sudah mulai masuk ke dalam fase kematian. Hasil tegangan maksimum dari pemanfaatan limbah cair tempe menggunakan bakteri *Lactobacillus acidophilus* sebesar 2,53 mV pada hari ke-3.

Berdasarkan hasil pada penelitian ini, diketahui bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh substrat limbah cair tempe dengan penambahan inokulum bakteri *Lactobacillus acidophilus* lebih baik dengan nilai tegangan 2,53 mV dan arus 1,69 mA pada hari ke-3, dibandingkan dengan hasil tegangan dan arus pada limbah cair tempe tanpa penambahan bakteri dengan nilai tegangan 2,21 mV dan arus 1,42 mA pada hari ke-3. Hal ini terjadi karena dengan adanya penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus* pada substrat maka memberikan hasil tegangan dan arus yang mengalami peningkatan. Diperkirakan bakteri *Lactobacillus acidophilus* dapat menghasilkan energi biolistrik lebih baik dengan menggunakan limbah cair tempe sebagai substrat tumbuh.

d. Kerapatan Daya (*Power Density*)

Hasil pengukuran arus listrik dan tegangan listrik yang telah diperoleh, kemudian dihitung *power density* yang dihasilkan oleh sistem MFC (Gambar 4.). Kerapatan daya (*power density*) adalah energi listrik yang dihasilkan per satuan luas permukaan elektroda, berfungsi untuk menilai efesiensi dan kinerja sistem dengan melihat seberapa besar daya yang dihasilkan terhadapat ukuran/volume. Kerapatan daya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Utami *et al*., 2019).



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi MFC terhadap *Power Density* yang Dihasilkan untuk Limbah Cair Tempe Murni dan Limbah Cair Tempe + Bakteri.

Hasil perhitungan *power density* tertinggi yaitu pada limbah cair tempe dengan penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus* dengan nilai 6,71 mW/m^2 pada hari ke-3, dibandingkan dengan limbah cair tempe tanpa penambahan bakteri yang menghasilkan nilai *power density* 4,92 mW/m^2. Hal ini karena dengan dilakukannya penambahan bakteri pada substrat limbah cair tempe akan bertambahnya jumlah sel bakteri yang menghasilkan banyaknya proton dan elektron melalui metabolisme bakteri, sehingga menghasilkan arus, tegangan dan *power density* yang semakin besar.

Menurut Bachry (2019) nilai *power density* yang dicapai tergantung besarnya luas permukaan elektroda, jika luas permukaan elektroda besar maka nilai *power density* yang didapat rendah. Penggunaan elektroda grafit dapat menghasilkan *power density* yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan elektroda *stainless steel*. Elektroda jenis karbon grafit dapat membawa muatan listrik, karena memiliki sifat yang elektronnya terlepas dan tidak terikat pada atom tertentu .

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Bakteri *Lactobacillus acidophilus* berpotensi dalam meningkatkan energi listrik. Hal ini dapat terlihat dari hasil pengukuran arus dan tegangan listrik serta *power density* yang dihasilkan sangat berbeda dengan hasil pengukuran pada limbah cair tempe tanpa penambahan atau murni. Hasil pengukuran energi listrik dari substrat limbah cair tempe dengan penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus* lebih tinggi.
2. Pada penggunaan substart limbah cair tempe murni energi listrik yang besar dihasilkan pada hari ke-3 yaitu tegangan listrik yang dihasilkan sebesar 2,21 mV, arus listrik 1,42 mA, dan *power density* sebesar 4,92 mW/m^2. Sedangkan pada limbah cair tempe dengan

penambahan bakteri *Lactobacillus acidophilus* menghasilkan energi listrik yang tinggi pada hari ke-3. Pada hari ke-3 dihasilkan tegangan listrik sebesar 2,53 mV, arus listrik 1,69 mA dan *power density* 6,71 mW/m^2.

DAFTAR PUSTAKA

Bachry, Irda Mayanti. (2019). Potensi Biolistrik Limbah Industri Tahu Menggunakan Sistem Microbial Fuel Cell. *Skripsi*.. Program Studi Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar.

Habibillah, Muchammad Faruq. (2009). Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Perbandingan Starter Bakteri *(Lactobacillus acidophilus*) dan (*Bifidobacterium bifidum*) terhadap Kualitas Yoghurt Susu Kambing. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Hermayanti, Agustin &Irwan Nugraha. (2014). Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode *Salt Bridge Microbia Fuel Cell*. *Jurnal Sains Dasar*, 3 (2).

Kristin, Ester. (2012). *Produksi Energi Listrik Melalui Microbia Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe*. Fakultas Teknik Program Studi Teknologi Bioproses UI Depok. Skripsi.

Leoanggarini, Unung & Bintang Ihwan Muhadi. (2011). Fermentasi Mikroaerofilik *Lactobacillus acidophilus* untuk Produksi Probiotik. *Industrial Research Workshop and National Seminar*. 188-192.

Nana. (2021). *Fisika Kesehatan*. Klaten: Penerbit Lakeisha.

Sayow, Febrian., dkk. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosio Ekonomi: Jurnal Transdisiplin Pertanian Sosial Ekonomi*, Vol.16.

Sulistiyawati, Indah.dkk. (2020. Produksi Biolistrik Menggunakan *Microbial Fuel Cell* (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 37 (2).

Utami, Lisa., Lazulva., Yuni Fatisah. (2019). Electricity Production From Peat Water Uses Microbial Feul Cells Technology. *Indonesia Journal of Chemical Science and Technology UNIMED*, 2 (1).

Yogaswara, Rachmad Ramadhan. (2017). Studi Penambahan Mikroorganisme pada Substrat Limbah Pome terhadap Kinerja Microbial Fuel Cell. *Jurnal Teknik Kimia*, 12 (1).

Zalukhu, Edric Sunfresly, dkk. (2019). Produksi Eneri Listrik dengan Sistem Micobial Fuel cell Menggunakan Substrat Limbah Tempe. *E-proceeding of Engineering*, 6 (1).