

PEMANFAATAN LIMBAH TAHU UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK DENGAN SISTEM MFC MENGGUNAKAN BAKTERI *LACTOBACILLUS BULGARICUS*

Nurul Mufidah¹, Abdul Hakim Prima Yuniarto^{2*}

^{1,2}Program Studi Fisika, Fakultas Saintek, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan
e-mail: a.hakim.py@gmail.com

Abstrak

Tahu merupakan salah satu sumber protein dengan bahan dasar kedelai yang sangat digemari oleh masyarakat. Tetapi dalam prosesnya, pembuatan tahu menghasilkan 15-20 liter/kg limbah cair tahu pada setiap 1 Kg bahan baku kedelai. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Untuk Menghasilkan Energi Listrik Dengan Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Bakteri *Lactobacillus Bulgaricus*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui produksi energi listrik dari limbah cair tahu terhadap 3 variasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi penambahan larutan elektrolit serta penambahan bakteri *lactobacillus bulgaricus* menghasilkan arus listrik rata-rata sebesar 0,5305 mA, tegangan rata-rata sebesar 1,0247 V, serta daya rata-rata sebesar 0,546 mW untuk limbah cair tahu dengan volume 1000 ml. Sedangkan untuk volume limbah cair tahu 1500 ml menghasilkan arus listrik rata-rata sebesar 0,3951 mA, tegangan rata-rata sebesar 0,9799 V, serta daya rata-rata sebesar 0,388 mW.

Kata Kunci: *Lactobacillus Bulgaricus*, Larutan Elektrolit, Limbah Cair Tahu, MFC

UTILIZATION OF TOFU WASTE TO PRODUCE ELECTRICAL ENERGY WITH AN MFC SYSTEM USING *LACTOBACILLUS BULGARICUS* BACTERIA

Abstract

*Tofu is a source of protein made from soybeans which is very popular with the public. However, in the process, making tofu produces 15-20 liters/kg of tofu liquid waste for every 1 kg of soybean raw materials. Therefore, it is necessary to conduct research on the use of tofu liquid waste to produce electrical energy using a microbial fuel cell (MFC) system using *Lactobacillus Bulgaricus* bacteria. The aim of this research is to determine the production of electrical energy from tofu liquid waste in 3 variations. The results of the research showed that variations in the addition of electrolyte solutions and the addition of *lactobacillus bulgaricus* bacteria produced an average electric current of 0.5305 mA, an average voltage of 1.0247 V, and an average power of 0.546 mW for tofu liquid waste with a volume of 1000 ml. Meanwhile, a volume of 1500 ml of tofu liquid waste produces an average electric current of 0.3951 mA, an average voltage of 0.9799 V, and an average power of 0.388 mW*

Keywords: *Electrolyte Solution, *Lactobacillus Bulgaricus*, Mfc, Tofu Liquid Waste*

PENDAHULUAN

Tahu terbuat dari bahan dasar kedelai dan merupakan sumber protein yang baik dan sangat digemari oleh masyarakat. Dimana kedelai diolah melalui berbagai proses antara lain perendaman, penggilingan, perebusan,

penyaringan, pengentalan dan pengendapan, pengepresan atau pemadatan, dan pemotongan. Tetapi dalam prosesnya, pembuatan tahu menghasilkan limbah. Limbah dalam pengertian luas merupakan sampah atau kotoran yang tidak digunakan di masyarakat yang berasal dari rumah tangga sampai industri, air tanah dan

hasil buangan lainnya [1]. Limbah tahu merupakan sisa hasil produksi yang sudah tidak dimanfaatkan. Limbah yang dihasilkan dari produksi tahu dalam fase padat dan fase cair. Limbah yang padat adalah ampas kedelai, sedangkan limbah yang cair adalah sisa air perendaman, sisa air tahu yang tidak menggumpal, serta air keruh yang apabila dibiarkan akan menimbulkan bau yang tidak sedap [2]. Terdapat 15-20 liter/kg limbah cair tahu pada setiap 1 Kg bahan baku kedelai [3].

Menurut BPS (Badan Pusat Statistik), industri tahu di kota Pekalongan merupakan salah satu potensi yang memiliki peluang tinggi dalam meningkatkan pengembangan industri kecil dan menengah. Salah satu industri tahu yang ada di Pekalongan yaitu kampung tahu Sodu (Soko Duwet) yang memiliki sekitar 50 pelaku usaha industri tahu [4].

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai dengan parameter dan kadar batas maksimum yang diijinkan yaitu kadar BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 300 mg/l, serta pH sekitar 6-9 [5]. Sedangkan limbah cair tahu yang dihasilkan mempunyai kadar BOD yang cukup tinggi berkisar antara 5.000-10.000 mg/l, COD yang berkisar antara 7.000-10.000 mg/l serta pH sekitar 4-5 [6].

Oleh karena itu, diperlukan adanya pengolahan limbah yang lebih lanjut guna mengurangi pencemaran pada lingkungan. Salah satu cara untuk mengolah limbah cair tahu yaitu menggunakan metode MFC (Microbial Fuel Cell). Fuel Cell aman untuk lingkungan karena tidak mengakibatkan pencemaran, metode tersebut juga dapat menghasilkan energi listrik dari limbah [7]. Penelitian mengenai MFC pernah dilakukan oleh Dewi dkk dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah tahu sebagai substrat dalam anoda terhadap arus listrik serta mengetahui model MFC yang paling efektif. Berdasarkan penelitiannya menyimpulkan bahwa model dual chamber merupakan model MFC yang paling besar menghasilkan voltase sebesar $3,74 \times 10^5$ mV dengan power density sebesar $2,87 \times 10^4$ mW/m² [8].

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik alternatif yaitu dengan mengolah limbah bahan organik. Bahan organik mengandung substrat, substrat tersebut diperoleh dari lemak, glukosa, protein, selulosa, dan senyawa asam organik sederhana [9]. MFC bekerja melalui aksi bakteri yang dapat menghantarkan elektron-elektron ke anoda.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang pengolahan limbah cair tahu sebagai energi listrik dilakukan selama 5 bulan dan berlokasi di rumah industri tahu yang terletak di Desa Kedungpatangewu, Kecamatan Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan untuk pengambilan sampel limbah cair tahu. Sedangkan untuk menyiapkan komponen MFC, pengukuran arus, tegangan, dan daya dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar, Prodi Fisika, Fakultas Saintek, ITSNU Pekalongan.

Prosedur

Secara garis besar proses penelitian mengenai pemanfaatan limbah cair tahu menjadi energi listrik dengan sistem MFC dapat dilihat pada Gambar 1.

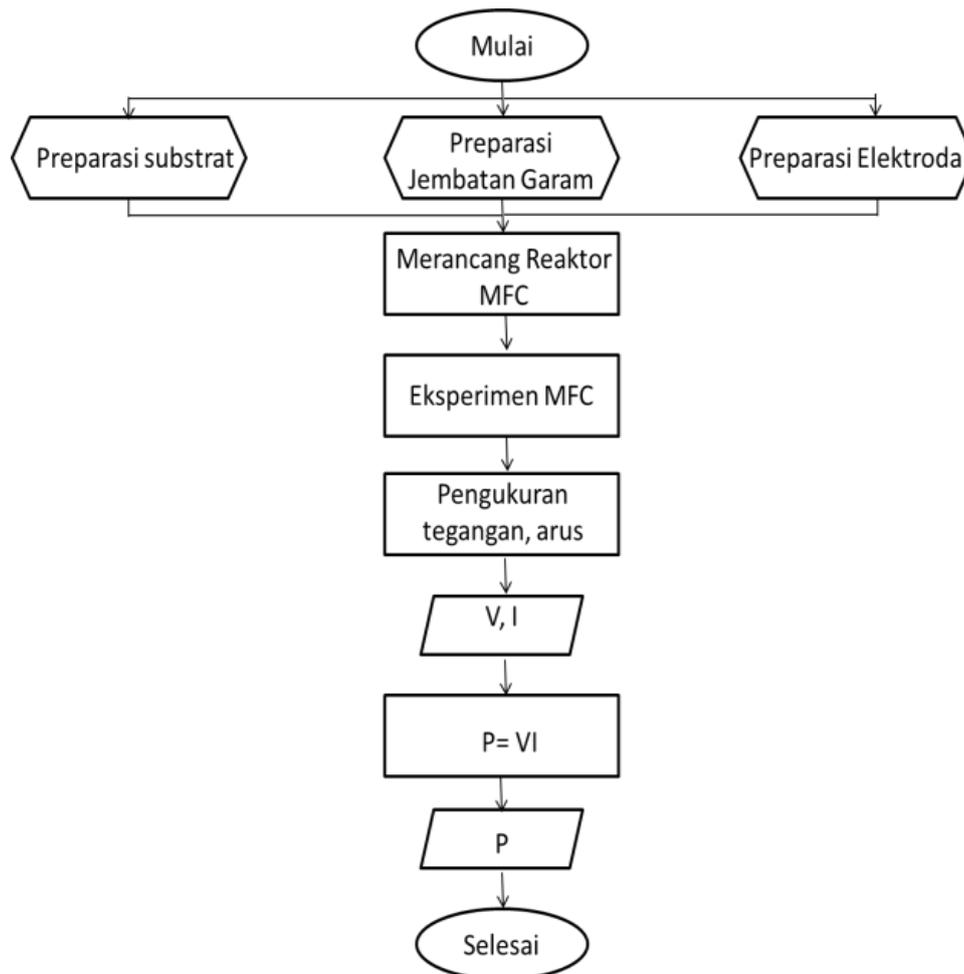
a. Preparasi Substrat

Substrat yang akan digunakan diambil dari saluran pembuangan pada proses pembuatan tahu berbentuk limbah cair. Limbah cair tahu di ambil di industri tahu yang terletak di desa Kedungpatangewu, Kecamatan Kedungwuni. Air limbah ditampung dan dimasukkan ke dalam wadah dengan volume 4 liter.

b. Preparasi Jembatan Garam

Jembatan garam atau salt bridge berguna agar kenetralan muatan listrik tetap terjaga. Jembatan garam tersusun atas Nutrient Agar (NA) dan garam NaCl yang bercampur. NA adalah medium untuk berkembangnya bakteri.

NA terdiri dari ekstrak beef, pepton dan agar. Sebanyak 5 gram NA ditambahkan ke dalam 150 mL larutan NaCl 0,1 M lalu dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu larutan dituang pada pipa sampai agar mengeras.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

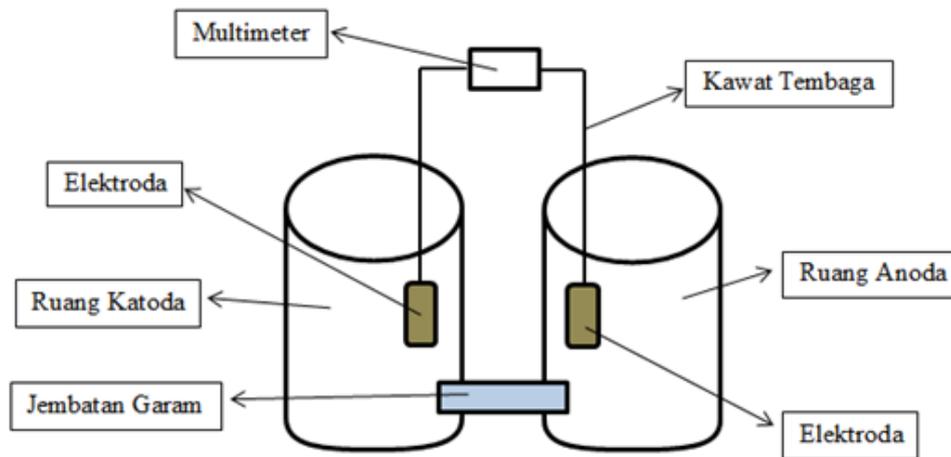
c. *Preparasi Elektroda*

Elektroda yang digunakan adalah elektroda batang grafit. Elektroda direndam di larutan HCl 1 M selama 24 jam, kemudian elektroda batang grafit dibersihkan menggunakan aquades dan direndam dalam larutan NaOH 1 M selama 24 jam. Setelah itu elektroda dibersihkan kembali dengan aquades hingga pH elektroda grafit menjadi netral, dan disimpan dalam wadah yang berisi aquades.

d. *Merancang Reaktor MFC*

Reaktor MFC seperti yang terlihat pada Gambar 2 terdiri atas 2 ruang yaitu ruang anoda dan ruang katoda. Di dalam ruang anoda

terdapat substrat limbah cair tahu dan kultur bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, sedangkan ruang katoda berisi larutan KMnO_4 . Larutan KMnO_4 merupakan pengoksidasi yang kuat sehingga menghasilkan potensial reduksi yang besar. Larutan KMnO_4 digunakan sebagai larutan elektrolit. Kedua ruang tersebut dihubungkan dengan menggunakan jembatan garam. Kemudian elektroda dihubungkan dengan menggunakan kabel, ruang anoda serta ruang katoda. Selain itu kabel juga dihubungkan dengan multimeter guna dilakukan pengukuran arus listrik, tegangan listrik, dan power density.



Gambar 2. Desain Rangkaian Reaktor MFC

e. Eksperimen MFC

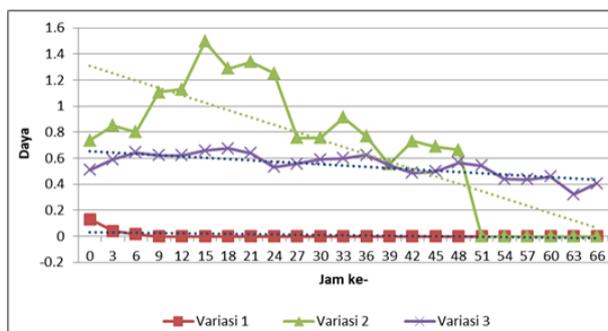
Sampel limbah cair tahu dimasukkan pada ruang anoda dengan elektroda, sedangkan larutan elektrolit $KMnO_4$ 0,1 M dimasukkan ke dalam ruang katoda. Besar tegangan dan arus listrik diukur dengan menggunakan multimeter setiap 3 jam sekali. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung daya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran arus, tegangan serta daya pada 3 variasi yaitu variasi tanpa penambahan larutan elektrolit (variasi 1), variasi penambahan larutan elektrolit (variasi 2), dan variasi penambahan larutan elektrolit dan penambahan bakteri *lactobacillus bulgaricus* (variasi 3). Hasil pengukuran daya terhadap 3 variasi tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut.

Volume Limbah Tahu 1000 ml

Hasil pengukuran daya pada limbah cair tahu dengan volume sebesar 1000 ml diperlihatkan seperti pada Tabel 1 berikut.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Daya pada 1000 ml terhadap 3 Variasi

Tabel 1. Perbandingan Daya pada 1000 ml

Jam ke-	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
0	0.13066	0.7371	0.50876
3	0.03996	0.85188	0.58996
6	0.0152	0.8001	0.64438
9	0.000052	1.105	0.62192
12	0.000056	1.12875	0.6216
15	0	1.4964	0.656451
18	0	1.2896	0.6732
21	0	1.3375	0.63714
24	0	1.25294	0.53136
27	0	0.7544	0.555732
30	0	0.7544	0.59064
33	0	0.912	0.5985
36	0	0.7656	0.625311
39	0	0.5538	0.54899
42	0	0.7308	0.48654
45	0	0.688	0.49674
48	0	0.664	0.5665
51	0	0	0.54281
54	0	0	0.439215
57	0	0	0.43708
60	0	0	0.45784
63	0	0	0.3219
66	0	0	0.40608

Pada gambar 3, menunjukkan daya listrik maksimum yang dihasilkan terdapat pada variasi 2 yaitu variasi penambahan larutan elektrolit yaitu sebesar 1,4964 mW pada pengukuran jam ke- 15. Sedangkan pada variasi 3 penambahan bakteri *lactobacillus bulgaricus* menghasilkan daya listrik yang memiliki penurunan secara

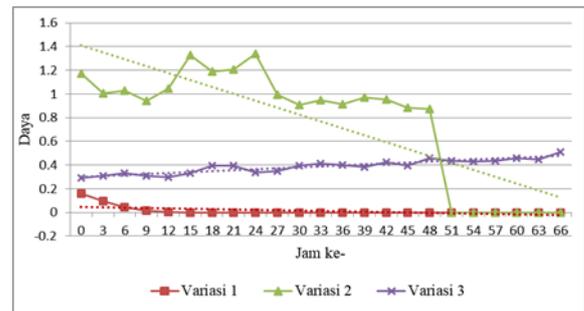
konsisten hingga pengukuran selama 66 jam. Untuk variasi 1 tanpa penambahan larutan elektrolit menghasilkan daya listrik yang paling rendah yaitu sebesar 0,13066 mW daripada daya listrik yang dihasilkan pada variasi penambahan larutan elektrolit dan penambahan bakteri lactobacillus bulgaricus.

Volume Limbah Tahu 1500 ml

Hasil pengukuran daya pada limbah cair tahu dengan volume sebesar 1500 ml diperlihatkan seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Daya pada 1500 ml

Jam ke-	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
0	0.1575	1.16955	0.29106
3	0.0952	1.0058	0.3081
6	0.0468	1.03056	0.329753
9	0.01554	0.9438	0.30652
12	0.00532	1.04304	0.296522
15	0	1.3284	0.33088
18	0	1.1904	0.39284
21	0	1.20524	0.397437
24	0	1.3407	0.33712
27	0	0.99552	0.352
30	0	0.90912	0.39491
33	0	0.95	0.41004
36	0	0.9114	0.39964
39	0	0.97	0.384
42	0	0.95574	0.42265
45	0	0.8827	0.39376
48	0	0.87141	0.45576
51	0	0	0.436185
54	0	0	0.43164
57	0	0	0.4374
60	0	0	0.45562
63	0	0	0.4488
66	0	0	0.5123



Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya pada 1500 ml terhadap 3 Variasi

Pada gambar 4, menunjukkan daya listrik maksimum terdapat pada variasi 2 yaitu variasi penambahan larutan elektrolit yaitu sebesar 1,3407 mW pada pengukuran jam ke- 15. Sedangkan pada variasi 3 penambahan bakteri lactobacillus bulgaricus menghasilkan daya listrik yang memiliki penurunan secara konsisten hingga pengukuran selama 66 jam. Untuk variasi 1 tanpa penambahan larutan elektrolit menghasilkan daya listrik yang paling rendah yaitu sebesar 0,1575 mW daripada daya listrik yang dihasilkan pada variasi penambahan larutan elektrolit dan penambahan bakteri lactobacillus bulgaricus.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya larutan elektrolit dan bakteri lactobacillus bulgaricus berpengaruh signifikan terhadap energi listrik yang dihasilkan. Selain penambahan variasi tersebut volume limbah cair tahu juga berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan Hal ini ditunjukkan dari tegangan serta arus listrik yang dihasilkan pada limbah cair tahu 1000 ml mengalami penurunan pada pengukuran jam ke 66. Sedangkan pada limbah cair tahu 1500 ml arus serta tegangan yang dihasilkan mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan semakin sedikit mikroorganisme pengurai, maka kemampuan mendegradasi substrat juga semakin berkurang. Sebaliknya, semakin besar konsentrasi bahan organik, maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan [1].

Adapun hal-hal yang dapat mempengaruhi kinerja MFC adalah kecepatan degradasi substrat, kecepatan transfer bakteri ke anoda dan transfer proton dalam larutan, aktivitas bakteri dan substrat yang digunakan, suhu, serta komponen penyusun reaktor MFC yang digunakan. Arus yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan arus DC (direct current), dimana arus yang dihasilkan dikatakan sebagai arus searah dari positif menuju negatif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan sistem Microbial Fuel Cell (MFC) dual chamber maka disimpulkan bahwa limbah cair tahu dengan volume 1500 ml dengan penambahan bakteri *lactobacillus bulgaricus* pada ruang anoda serta penambahan larutan elektrolit pada ruang katoda dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 1,1 V pada pengukuran jam ke-66. Sehingga dapat diasumsikan bahwa untuk mendapatkan energi listrik yang besar, maka digunakan ruang katoda dan anoda yang lebih besar dari volume limbah cair tahu, konsentrasi larutan elektrolit (KMnO_4), dan konsentrasi bakteri *lactobacillus bulgaricus* yang lebih banyak.

Saran

Guna mendapatkan hasil penelitian yang lebih valid, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah variasi jenis elektroda dengan luas permukaan yang lebih besar, dan menggunakan bakteri anaerob selain bakteri *lactobacillus bulgaricus*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Fisika, Fakultas Saintek, ITSNU Pekalongan yang telah membantu, mendukung, dan memfasilitasi sehingga penelitian ini dapat selesai dan berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustina, E. B., Yuniarto, A. H. P., Rachman, D. A., & Dewi, A. T. (2022). Pengaruh Jarak Elektroda dan Waktu Terhadap Kandungan COD dan TSS Menggunakan Metode Filtrasi-Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Batik. *Lontar Physics Today*, 1(1), 45-50.
- [2] Nadya, Y., Yusnawati, Y., & Handayani, N. (2020). Analisis Produksi Bersih Di Ukm Pengolahan Tahu Di Gampong Alue Nyamok Kec. Birem Bayeun Kab. Aceh Timur. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 133-140.
- [3] Jaya, J. D., Ariyani, L., & Hadijah, H. (2018). Designing clean production of tofu processing industry in ud. Sumber urip pelaihari. *Jurnal Agroindustri*, 8(2), 105-112.
- [4] Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., ... & Widjonarko, D. M. (2021). Pengolahan limbah tahu dan potensinya. In *Proceeding of Chemistry Conferences* (Vol. 6, pp. 27-33).
- [5] Agustina, E. B., & Yuniarto, A. H. P. Study of BOD, COD and TSS Removal in Batik Industry Wastewater using Electrocoagulation Method. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 7(2), 150-158.
- [6] Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). Efisiensi pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan biofilter sistem upflow dengan penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2). 1-11.
- [7] Yogaswara, R. R., Gunawan, A., Purwanto, M., & Prakoso, T. A. (2019, July). PRODUKSI ENERGI LISTRIK DARI MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DENGAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN TAHU SEBAGAI SUBSTRAT. In *Seminar Nasional Soeardjo Brotohardjono* (Vol. 15, pp. 36-40).
- [8] Dewi, A. K., Djajakirana, G., & Santosa, D. A. (2020). Potensi Limbah Tahu untuk Menghasilkan Listrik pada Tiga Model Sistem Microbial Fuel Cell (MFC). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 22(1), 29-34.
- [9] Wahyuni, I., Heriyono, H., Aisyah, A., Baharuddin, M., & Patunrengi, I. I. (2022). Potensi Energi Listrik dari Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Substrat Molase dan Bakteri *Pseudomonas* sp. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 10(1), 8-13.
- [10] Purwono, P., Hermawan, H., & Hadiyanto, H. (2015). Penggunaan teknologi reaktor microbial fuel cells (Mfcs) dalam pengolahan limbah cair industri tahu untuk menghasilkan energi listrik. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 12(2), 57-65.