

# Analisis Tegangan Listrik *Microbial Fuel Cell* dengan Variasi Substrat Air Cucian Beras dan Limbah Kulit Pisang

Andy Nugraha<sup>1</sup> Aji Nihin<sup>1</sup> Pathur Razi Ansyah<sup>1</sup>  
Apip Amrullah<sup>1</sup> Gunawan Rudi Cahyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat

✉ andy.nugraha@ulm.ac.id

*Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan teknologi penghasil listrik sederhana dengan memanfaatkan metabolisme bakteri pengurai. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan yaitu dengan variasi berbagai macam bahan substrat, anoda, dan katoda, tetapi belum ada yang menggunakan kombinasi substrat air cucian beras dan limbah kulit pisang kepok. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan penelitian potensi tegangan listrik yang bisa dihasilkan dari MFC substrat air cucian beras dan limbah kulit pisang kepok guna menambah khasanah ilmu pengetahuan dalam bidang MFC. Penelitian MFC menggunakan metode penelitian eksperimental untuk mencari hubungan sebab-akibat antara variabel bebas (substrat dan waktu inkubasi) dan variabel terikat (tegangan listrik) melibatkan pengendalian dan pengaturan variabel bebas untuk menentukan dampak yang dihasilkan pada variabel terikat. Tiga variasi substrat digunakan dalam eksperimen ini, yaitu substrat air cucian beras, substrat kulit pisang kepok, dan substrat campuran. Pengambilan data dilakukan selama 480 menit per hari dengan interval pengukuran setiap 20 menit. Setiap variasi substrat menghasilkan 3 sistem MFC, sehingga totalnya ada 9 sistem MFC. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan potensi listrik yang paling baik, yaitu variasi substrat campuran mempunyai tegangan listrik yang paling tinggi, pada hari kelima sebesar 259 mV.

Kata kunci: *microbial fuel cell* (mfc), tegangan listrik, substrat air cucian beras, kulit pisang kepok.

Diajukan: 5 Agustus 2023

Direvisi: 3 April 2024

Diterima: 12 April 2024

Dipublikasikan online: 14 April 2024

## Pendahuluan

Kebutuhan akan sumber energi yang terus meningkat dan sumber energi fosil yang semakin menipis serta penggunaan bahan bakar fosil yang juga berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca dan polusi udara. sehingga harus ada upaya-upaya yang dilakukan terkait pembaruan energi untuk energi yang lebih baik bagi bumi, salah satunya dengan energi *Microbial fuel cell* yang memanfaatkan limbah-limbah yang sering di jumpai dan mudah mudah didapatkan. *Microbial fuel cell* (MFC) atau Sel Bahan Bakar Mikroba adalah teknologi yang memanfaatkan aktivitas biologis mikroorganisme untuk menghasilkan listrik dengan memanfaatkan metabolisme yang dihasilkan dihasilkan mikroba (Widodo, 2019).

Dari beberapa limbah yang sering di jumpai dalam kehidupan sehari-hari beberapa diantaranya adalah air cucian beras dan limbah kulit pisang yang mudah di temukan dan sering dibuang tanpa dimanfaatkan padahal memiliki kandungan organik untuk sumber makanan bagi mikroba yang nantinya hasil metabolisme dari mikroba tersebut dapat

dikonversikan untuk menghasilkan daya listrik (Inayati *et al*, 2015). Jadi dengan pernyataan ini, kedua jenis limbah ini bisa dilakukan analisa potensi energi listrik dengan menggunakan sistem *Microbial fuel cell* (MFC) dengan limbah air cucian beras dan limbah kulit pisang sebagai substratnya. Oleh sebab itu, penulis tertarik mengangkat penelitian dengan judul “Analisis Potensi listrik menggunakan *microbial fuel cell* dengan substrat air cucian beras dan limbah kulit pisang”.

## *Microbial Fuel Cell*

*Microbial fuel cell* adalah suatu sistem bio-elektrokimia yang mengubah metabolisme dari hasil aktivitas yang dilakukan oleh mikroba untuk dapat dikonversikan menjadi energi listrik (Tjahyono *et al*, 2020). *Microbial fuel cell* dapat memproduksi arus listrik dari berbagai macam limbah organik. Ada banyak sekali bahan-bahan organik yang dapat dimanfaatkan dalam *Microbial fuel cell* (Utami dkk., 2020).

## Prinsip Kerja *Microbial Fuel Cell*

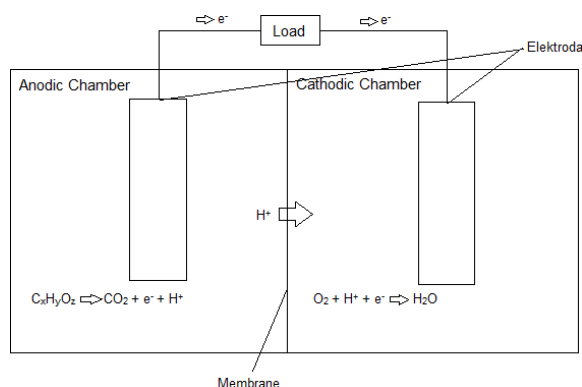
Bakteri yang berada di dalam wadah anoda menguraikan senyawa organik yang merupakan nutrisi

Cara mensitasi artikel ini:

Nugraha, A., Nihin, A., Ansyah, P.R., Amrullah, A., Cahyono, G.R., (2024) Analisis Tegangan Listrik *Microbial Fuel Cell* dengan Variasi Substrat Air Cucian Beras dan Limbah Kulit Pisang. *Buletin Profesi Insinyur* 7(1) 045-049



atau sumber makanan bagi bakteri sehingga bakteri tersebut menghasilkan  $H^+$ , elektron dan  $CO_2$  dari proses metabolismenya.  $H^+$  berpindah dari anoda ke wadah katoda menggunakan *salt bridge*, sedangkan elektron yang berada pada wadah anoda yang menempel di elektroda anoda akan mengalir menggunakan kabel listrik ke wadah katoda. Aliran elektron inilah yang menghasilkan arus listrik. Karena di wadah katoda antara  $H^+$  dan elektron bertemu maka karena pertemuan tersebutlah terjadi perbedaan Potensial antara ujung-ujung elektroda di katoda dan Anoda sehingga menghasilkan tegangan listrik (Siswanti, 2014). Prinsip kerja MFC terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Prinsip Kerja MFC.

## Metode

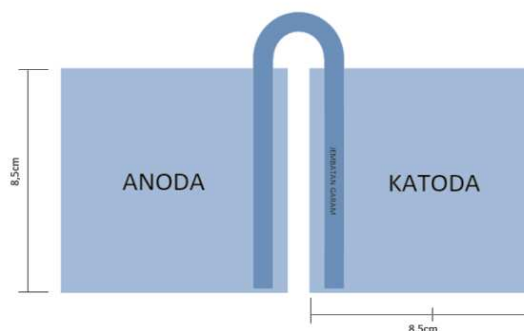
Pertama, persiapkan alat untuk Microbial Fuel Cell (MFC). Siapkan dua kompartemen untuk anoda dan katoda yang terbuat dari jerigen plastik berukuran 500 mL dengan dimensi 8,5 cm x 8,5 cm x 8,5 cm. Salt bridge dengan panjang 15 cm dibuat menggunakan sumbu kompor. Enam batang sumbu kompor sepanjang 15 cm disatukan dan direndam dalam larutan garam dapur yang sudah direbus menggunakan aquades selama sekitar 30 menit hingga menyerap, kemudian di lilit menggunakan isolasi listrik. Untuk mencegah campuran gas dari luar, tutuplah wadah anoda dengan menggunakan lakban hitam.

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini berupa kertas grafit dengan ukuran 5 x 5 cm. Elektroda tersebut dihubungkan dengan kabel listrik menggunakan penjepit kabel untuk mempermudah pengambilan data.

Selanjutnya, siapkan limbah air cucian beras dan limbah kulit pisang. Terdapat tiga variasi substrat dalam percobaan ini: substrat air cucian beras sebanyak 400 mL, substrat kulit pisang kepok yang telah diperhalus atau dilumatkan menggunakan blender sebanyak 400 mL, dan substrat campuran 400 mL yang terdiri dari campuran air cucian beras sebanyak 200 mL dan kulit pisang sebanyak 200 mL. Kemudian, masukkan substrat ke dalam wadah anoda dan inkubasikan selama 3, 5, dan 7 hari.

Di wadah katoda, masukkan elektrolit akuades sebanyak 400 mL. Siapkan prosedur pengukuran data. Data yang akan diukur dalam eksperimen ini adalah tegangan listrik (voltage). Sistem pengukuran yang digunakan adalah multimeter digital yang terhubung dengan kabel listrik yang terhubung dengan elektroda pada sistem Microbial Fuel Cell ini.

Pengambilan data dilakukan selama 480 menit per hari, dari jam 09:00 WITA hingga 17:00 WITA, dengan interval pengukuran setiap 20 menit, dimulai dari jam 09:00 WITA dan berakhir pada jam 17:00 WITA. Untuk setiap variasi substrat, dibuatkan 3 sistem MFC, sehingga totalnya ada 9 sistem MFC dalam penelitian ini, dengan 9 anoda dan 9 katoda. Desain MFC terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain MFC

## Diagram Alir Penelitian

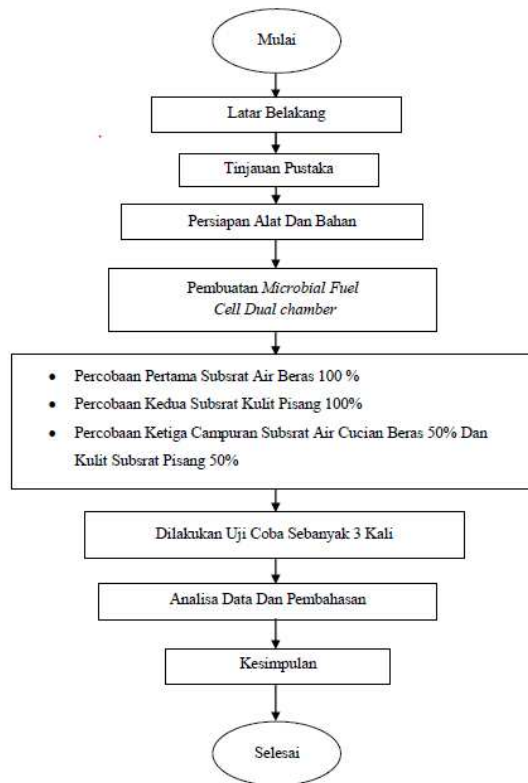
Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Pertama, langkah awal adalah menggali, mengidentifikasi, serta mempelajari dan memahami aspek-aspek yang perlu ditekankan atau yang dapat menjadi latar belakang penelitian ini. Selanjutnya, melakukan tinjauan literatur untuk mengumpulkan referensi yang relevan dengan eksperimen ini, baik itu terkait dengan prinsip kerja sistem atau peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk persiapan. Setelah itu, dilakukan eksperimen penelitian sesuai dengan batasan-batasan masalah yang telah ditetapkan agar penelitian ini tidak mengalami perluasan yang tidak terkendali, dan berjalan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Kemudian, dilakukan pengambilan data serta analisis untuk menarik kesimpulan berdasarkan hasil data yang telah dikumpulkan. Sebagai panduan yang membantu dalam menjalankan penelitian, berikut ini disajikan diagram alir penelitian (Gambar 3).

## Hasil dan Pembahasan

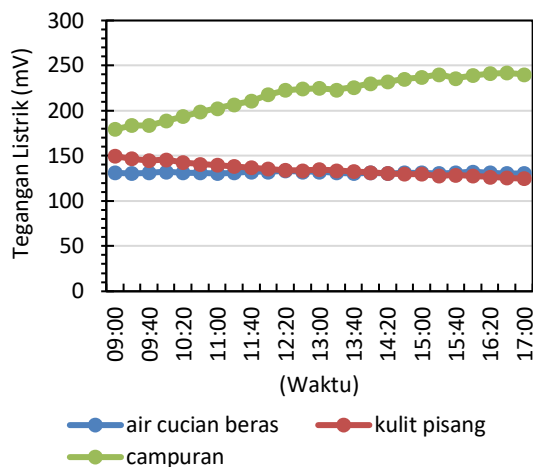
### Tegangan Listrik Hari Ke-3 Inkubasi

Pada hari ke-3 inkubasi dengan percobaan substrat air cucian beras rata-rata tegangan listrik yang dihasilkan pada awal pengukuran sebesar 131 mV dan pada akhir pengukuran turun 0,8% menjadi 130 mV seperti yang terlihat dalam Gambar 4. Hal ini disebabkan oleh

penipisan nutrisi yang menyebabkan terjadinya persaingan antara mikroba untuk mendapatkan nutrisi. Mikroba yang tidak mampu bersaing akan mati, sedangkan yang mampu akan bertahan hidup. Pada substrat kulit pisang dengan masa inkubasi 3 hari, rata-rata tegangan yang dihasilkan pada awalnya adalah sebesar 150 mV, namun pada akhir pengukuran turun sebesar 16,7% menjadi 125 mV. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mikroba masih beradaptasi dalam menyerap nutrisi dari kulit pisang yang memiliki serat kasar.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4 Grafik Tegangan Listrik Hari Ke-3 Inkubasi

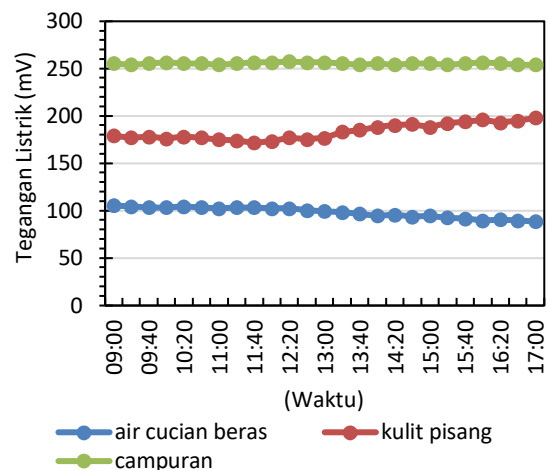
Untuk substrat campuran dengan masa inkubasi 3 hari, rata-rata tegangan yang dihasilkan pada awalnya

adalah sebesar 180 mV, dan pada akhir pengukuran naik sebesar 33,6% menjadi 240 mV. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mikroba berada dalam fase eksponensial, di mana laju pertumbuhan bakteri lebih cepat karena ketersediaan nutrisi yang melimpah serta penyerapan nutrisi yang mudah. Setiap sel dalam populasi membelah menjadi dua sel (Dewi, 2020).

Kekuatan arus listrik dan tegangan listrik pada sistem Microbial Fuel Cell (MFC) tergantung pada laju metabolisme yang dilakukan oleh bakteri (Rahmania dkk., 2020). Bakteri dapat mengurai bahan limbah organik dan mengkonversikannya menjadi elektron yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber arus listrik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan potensial yang terjadi; elektron yang ada pada anoda akan mengalir dari wadah anoda ke wadah katoda melalui elektroda dan kabel listrik (Hasany dkk., 2016).

### Tegangan Listrik Hari Ke-5 Inkubasi

Pada substrat air cucian beras dengan masa inkubasi 5 hari rata-rata tegangan yang dihasilkan di awal adalah sebesar 105 mV dan pada akhir pengukuran turun 16,1% menjadi 88 mV seperti yang terlihat dalam Gambar 5.



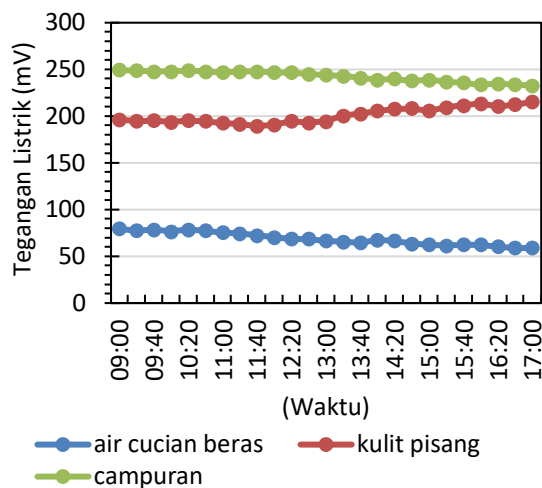
Gambar 5 Grafik Tegangan Listrik Hari Ke-5 Inkubasi

Hasil tegangan listrik yang dihasilkan terus mengalami penurunan hingga mencapai akhir hari kelima inkubasi. Penurunan tegangan pada hari kelima inkubasi ini terjadi karena sebagian bakteri sudah memasuki fase kematian, mengakibatkan berkurangnya jumlah bakteri dan nutrisi pada substrat (Arifin, 2018). Pada substrat kulit pisang dengan masa inkubasi 5 hari, rata-rata tegangan yang dihasilkan pada awalnya adalah sebesar 171 mV, dan pada akhir pengukuran naik sebesar 10,6% menjadi 198 mV. Kenaikan tegangan listrik pada hari kelima disebabkan oleh kelimpahan sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba. Sedangkan pada substrat campuran dengan masa inkubasi 5 hari, rata-rata tegangan yang dihasilkan pada awalnya adalah sebesar 255 mV, dan

pada akhir pengukuran turun 0,4% menjadi 254 mV. Kenaikan dan penurunan tegangan listrik tidak signifikan secara drastis, karena terjadi kompetisi antara mikroba untuk memperoleh nutrisi dan berkurangnya sumber makanan mikroba (Kirom, 2020). Potensi listrik dari tegangan dan kuat arus listrik sangat bergantung pada kandungan organik yang dioksidasi oleh mikroorganisme (Fitri, 2020). Secara umum, pada hari kelima inkubasi, tegangan listrik mengalami kenaikan dibandingkan dengan hari ke-3 karena jumlah mikroba yang meningkat seiring waktu, yang mengakibatkan peningkatan metabolisme dan tegangan listrik (Choudhury dkk., 2017).

#### Tegangan Listrik Hari Ke-7 Inkubasi

Pada hari ketujuh inkubasi substrat air cucian beras dengan masa inkubasi 7 hari rata-rata tegangan yang dihasilkan di awal adalah sebesar 79 mV dan pada akhir pengukuran turun 25,2% menjadi 59 mV seperti yang terlihat dalam Gambar 6. Hal ini disebabkan oleh mikroba yang sudah memasuki fase kematian karena nutrisi yang semakin menipis (Kirana & Sopian, 2018). Pada substrat kulit pisang dengan masa inkubasi 7 hari, rata-rata tegangan yang dihasilkan pada awalnya adalah sebesar 196 mV, dan pada akhir pengukuran naik sebesar 9,7% menjadi 215 mV. Hal ini disebabkan oleh kemampuan mikroba untuk masih menyerap nutrisi dari substrat kulit pisang, meskipun kenaikan tegangan tidak terlalu drastis.



Gambar 6 Grafik Tegangan Listrik Hari Ke-7 Inkubasi

Sementara pada substrat campuran dengan masa inkubasi 7 hari, rata-rata tegangan yang dihasilkan pada awalnya adalah sebesar 250 mV, dan pada akhir pengukuran turun sebesar 6,8% menjadi 233 mV. Penurunan ini disebabkan oleh sebagian mikroba yang berada pada fase kematian, sehingga metabolisme menurun (Suriana, 2020).

Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh MFC sepenuhnya bergantung pada metabolisme mikroba yang terkait erat dengan proses kehidupan mikroba

tersebut. Seiring berjalannya waktu, nutrisi substrat akan semakin berkurang karena tidak ada penambahan substrat dari luar chamber. Hal ini menyebabkan lebih banyak mikroba yang mati karena kekurangan makanan, yang pada akhirnya akan menyebabkan penurunan metabolisme dan tegangan listrik (Li dkk., 2018).

#### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi substrat dan waktu inkubasi memberikan pengaruh signifikan terhadap kenaikan tegangan listrik yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa dari ketiga variasi substrat, substrat air cucian beras, substrat kulit pisang, dan substrat campuran, yang mencapai tegangan listrik tertinggi (dinyatakan dalam mV) adalah substrat campuran. Rata-rata tegangan listrik yang diukur pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7 inkubasi menunjukkan bahwa substrat campuran menghasilkan rata-rata tegangan listrik sebesar 257 mV, jumlah yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan substrat air cucian beras dan substrat kulit pisang.

#### Referensi

- Arifin, G. G. (2018). *Lama Ozonisasi Mie Basah Terhadap Total Mikroba dan Kadar Air Selama Penyimpanan* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik). Universitas Pasundan, Bandung.
- Choudhury, P., Prasad Uday, U. S., Bandyopadhyay, T. K., Ray, R. N., & Bhunia, B. (2017). Performance improvement of microbial fuel cell (MFC) using suitable electrode and Bioengineered organisms: A review. *Bioengineered*, 8(5), 471-487.
- Dewi, I. R. (2020). *Efektivitas Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Aureus Pada Media Agar Darah Manusia Kedaluwarsa Dibanding Agar Darah Domba*, Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Fitri, M. A. (2022). *Pengaruh Variasi Elektroda dan Substrat Limbah Buah Terhadap Power density pada Microbial Fuel cell dari Air Gambut*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat.
- Hasany, M., Mardanpour, M. M., & Yaghmaei, S. (2016). *Biocatalysts in microbial electrolysis cells: A review*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(3), 1477–1493.
- Inayati, N. S., Aminin, A. L., & Suyati, L. (2015). The Bioelectricity of Tofu Whey in Microbial Fuel Cell System with Lactobacillus bulgaricus. *Jurnal Sains dan Matematika*, 23(1), 32-38.
- Kirom, M. R. (2022). *Studi Eksperimental Penggunaan Reaktor Microbial Fuel Cell (MFC) Dengan Membran Berongga Sebagai Alat Memanen Energi Terbarukan Dari Variasi Limbah Organik*. *The International Journal of Pegon: Islam Nusantara civilization*, 7(01), 135-149.
- Kirana, W. A., & Sopian, S. (2018). *Degradasi Stillage dengan Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells (MFCs) yang Memanfaatkan Lumpur Lapindo sebagai Culture Source dan Pengaruhnya pada Power Density yang Dihasilkan*. Doctoral dissertation. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

- Li, M., Zhou, M., Tian, X., Tan, C., McDaniel, C. T., Hassett, D. J., & Gu, T. (2018). Microbial fuel cell (MFC) power performance improvement through enhanced microbial electrogenicity. *Biotechnology Advances*, 36(4), 1316-1327.
- Rahmaniah, R., Ardi, S. B., & Fuadi, N. (2020). *Aplikasi Teknologi Microbial Fuel Cell (Mfc) Untuk Menentukan Energi Listrik Substrat Batang Sagu (Metroxylon)*. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 14(2), 172-175.
- Siswanti, P. (2014). *Pengolahan Air Limbah Cucian Beras Menggunakan Sistem Microbial Fuel Cell dengan Mix Culture*. *Technical Report*. April 2014. 10.13140/RG.2.2.23261.82408
- Tjahyono, V., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Yang Dihasilkan Microbial Fuel Cell (mfc) Dengan Substrat Campuran Lumpur Sawah Dan Air Tebu. *eProceedings of Engineering*, 7(1).
- Utami, L., Lazulva, L., & Fatisa, Y. (2020). *Electricity Production From Peat Water Uses Microbial Fuel Cells Technology*. *Indonesian Journal Of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 2(1), 55.
- Widodo, A. A., & Ali, M. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 30-37.