

Produksi Biolistrik Dengan Sistem Dual Chamber Microbial Fuel Cell Berbasis Substrat Kulit Nanas dan Pisang

Albar Zuda Al Zubier¹⁾, Firilia Filiana¹⁾, Mochammad Purwanto²⁾,*

1) Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Kalimantan

2) Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan

*Corresponding author: m.purwanto@lecturer.itk.ac.id

ABSTRAK

Microbial fuel cell (MFC) merupakan suatu sistem bioreaktor yang mengubah energi kimia dari senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalis mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Dual Chamber MFC merupakan jenis MFC dengan menggunakan dua chamber yang terdiri dari katoda dan anoda. Chamber katoda menggunakan larutan elektrolit aseptor elektron sedangkan chamber anoda digunakan sebagai pembiakan mikroba untuk menghasilkan elektron. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah kulit nanas dan pisang sebagai substrat pada sistem microbial fuel cell untuk menghasilkan biolistrik. Produksi biolistrik telah berhasil dilakukan pada melalui metode sistem Dual Chamber MFC menggunakan substrat limbah kulit nanas dan pisang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit pisang mampu menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan tertinggi masing – masing dengan nilai 1,317 V dan 0,875 mA. Selanjutnya, pada substrat limbah kulit nanas menghasilkan nilai kuat arus dan tegangan tertinggi masing – masing sebesar 1,225 V dan 0,903 mA. Semua data yang diperoleh menunjukkan adanya potensi biolistrik dari pemanfaatan limbah kulit nanas dan pisang menggunakan sistem Dual Chamber Microbial fuel cell.

Kata Kunci: Biolistrik, Dual Chamber Microbial fuel cell, Kulit nanas, Kulit Pisang

ABSTRACT

The Microbial Fuel Cell (MFC) is a bioreactor system that converts chemical energy from organic compounds into electrical energy through microbial catalytic reactions under anaerobic conditions. The Dual Chamber MFC is a type of MFC that utilizes two chambers consisting of a cathode and an anode. The cathode chamber uses an electron acceptor electrolyte solution, while the anode chamber is used for microbial cultivation to produce electrons. This study aims to utilize pineapple and banana peels as substrates in the microbial fuel cell system to generate bioelectricity. Bioelectricity production was successfully conducted using the Dual Chamber MFC system with pineapple and banana peel waste as substrates. The research results showed that banana peel waste was able to generate the highest current and voltage values, with 1.317 V and 0.875 mA, respectively. Furthermore, the pineapple peel waste substrate produced the highest current and voltage values of 1.225 V and 0.903 mA, respectively. All the data obtained indicate the potential for bioelectricity from the utilization of pineapple and banana peel waste using the Dual Chamber Microbial Fuel Cell system.

Keyword: Bioelectricity, Dual Chamber Microbial fuel cell, Pineapple peel, Banana peel

1. Pendahuluan

Energi Listrik bagi masyarakat di dunia terkhusus di Indonesia menjadi kebutuhan utama, konsumsi listrik terus meningkat setiap tahun, diprediksikan 2025 permintaan listrik akan meningkat sebesar 11-12% (Syamsuri, 2021). Secara garis besar, sektor-sektor yang menggunakan energi di Indonesia mencakup industri, transportasi, dan komersial. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) memperkirakan bahwa pada tahun 2014, penggunaan energi listrik di berbagai sektor tersebut masih didominasi oleh sektor rumah tangga dengan 42%, diikuti oleh industri sebesar 33%, komersial 24%, dan transportasi hanya 0,1%. Pemanfaatan energi terbarukan untuk mengurangi penggunaan energi fosil salah satunya adalah Microbial Fuel Cell (MFC).

Microbial Fuel Cell adalah suatu sistem pembangkit listrik yang berbasis bioelektrokimia dengan memanfaatkan organisme mikro yang ada di alam. Mikroorganisme dalam sistem MFC mengubah senyawa organik menjadi ion positif dan negatif. Ion-ion ini kemudian diubah menjadi energi listrik (Sirait dkk, 2021). Bahan organik ini dapat berasal dari limbah cair organik. Penggunaan air limbah organik menjadikan penerapan sistem MFC ini lebih ramah lingkungan karena senyawa organik yang terkandung dalam air limbah juga dapat terdegradasi. Dengan pemanfaatan MFC memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik dari limbah organik, seperti air limbah atau substrat organik lainnya, yang pada umumnya sulit untuk dimanfaatkan. Ini membantu dalam mengurangi dampak limbah organik pada lingkungan sambil menghasilkan energi yang berguna (Melda latif dkk, 2021).

MFC dapat membantu mengurai bahan organik dalam air limbah, yang pada gilirannya dapat mengurangi polusi dan dampak lingkungan negatif. Menurut Badan Pusat Statistik kota Balikpapan, potensi biomassa yang berasal dari sumber daya alam memiliki jumlah terbesar dalam hasil panen tahunan buah pisang dengan hasil panen 148.600 ton/tahun, buah nanas dengan hasil panen 746 ton/tahun, buah mangga dengan hasil panen 62 ton/tahun, dan buah manggis dengan hasil panen 40 ton/tahun. Berdasarkan data potensi biomassa yang ada di kota Balikpapan, maka limbah buah pisang dan limbah buah nanas memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan melalui system microbial fuel cell.

2. MATERIAL DAN METODOLOGI

A. Material

Limbah kulit pisang dan Kulit nanas yang telah dihaluskan, Larutan KMnO_4 0,2 M, Agar, larutan buffer phosphate pH 7, Padatan NaCl, Larutan HCl 1 M, larutan NaOH 1 M, larutan Glukosa 1 M, larutan *Methylene blue*.

B. Preparasi Bahan Baku

Bahan baku untuk produksi listrik pada microbial fuel cell ini adalah kulit nanas dan kulit pisang yang diperoleh dari pasar Butun Balikpapan, limbah ini dimasukkan ke dalam wadah dan ditutup dengan rapat (Lisa utami, 2018). Sebelum digunakan limbah

ini diinkubasi dengan didiamkan selama 4 hari. Dengan limbah 200 dan 300 gram. Limbah yang akan diinkubasi dalam bentuk kering.

C. Preparasi Elektroda

Karbon grafit direndam dalam larutan HCL 1 M selama 24 jam kemudian dibilas menggunakan aquades. Setelah itu elektroda dibilas menggunakan squades dan direndam dalam larutan NaOH 1 M selama 24 jam. Selanjutnya elektroda dibilas dengan aquades hingga pH netral. Elektroda disimpan dalam larutan aquades hingga saat akan digunakan (Arizona, 2021).

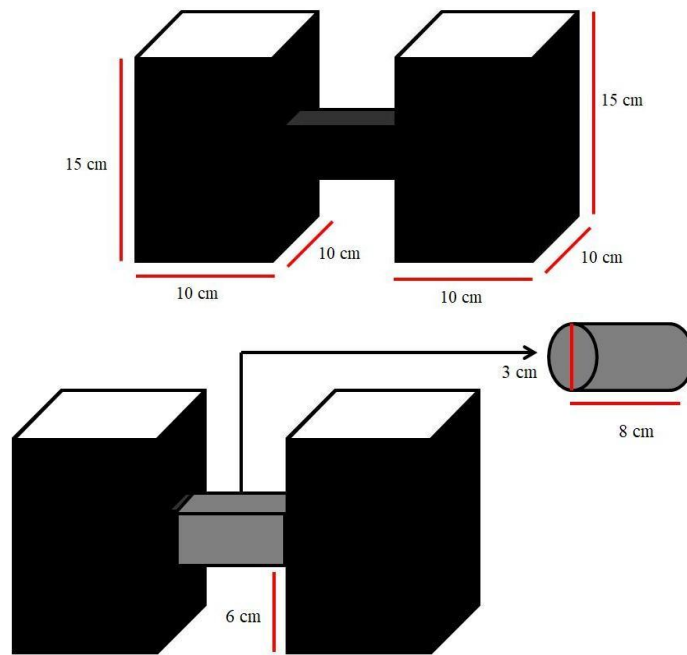
D. Preparasi Jembatan Garam

Pada tahap ini, padatan agar ditimbang sebanyak 10 gr dengan menggunakan neraca analitik kemudian ditambahkan 300 mL air. Lalu, ditambahkan sebanyak 4 gr padatan NaCL yang telah ditimbang dengan neraca analitik. Kemudian aduk campuran tersebut hingga tercampur rata. Setelah itu panaskan campuran tersebut hingga mendidih. Kemudian cairan tersebut dimasukkan ke ruang jembatan garam dengan menggunakan syringe dan ditunggu hingga cairan agar tersebut menjadi padat (Indah, 2020).

E. Proses Microbial Fuel Cell

Pada tahap ini, chamber yang digunakan sebanyak 3 pasang volume pada kompartemen (anoda dan katoda) sebesar 1500 mL yang telah disterilisasi dengan alkohol. Kemudian, pada variabel awal BM 100% : B 0% kompartemen anoda pada chamber diisi dengan limbah biomassa sebanyak 1000 mL, 1 mL methylene blue, dan 125 mL larutan buffer phosphate pH 7. Sedangkan pada kompartemen katoda diisi dengan larutan elektrolit KmnO_4 0,2 M sebanyak 1000 mL dan 125 mL larutan buffer phosphate pH 7 (Firdaus, 2020).

Setelah semua kompartemen anoda dan katoda terisi, selanjutnya elektroda karbon grafit dipasang pada setiap tutup kompartemen anoda dan katoda. Elektroda karbon grafit yang terpasang ini sebelumnya telah dilakukan preparasi pada tugas akhir ini menggunakan reaktor MFC sebanyak 3 pasang yang dirangkai secara seri (Hidayat, 2020). Setelah semua komponen terpasang pada reaktor MFC maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran arus dan tegangan listrik pada reaktor tersebut. Tujuan dilakukan pengukuran ini adalah untuk membuktikan bahwa limbah air biomassa ini dapat menghasilkan energi listrik. Pengukuran arus dan tegangan listrik dilakukan selama 2 hari menggunakan digital multimeter (Rinaldi 2014). Proses Microbial fuel cell ditunjukkan pada gambar 1.

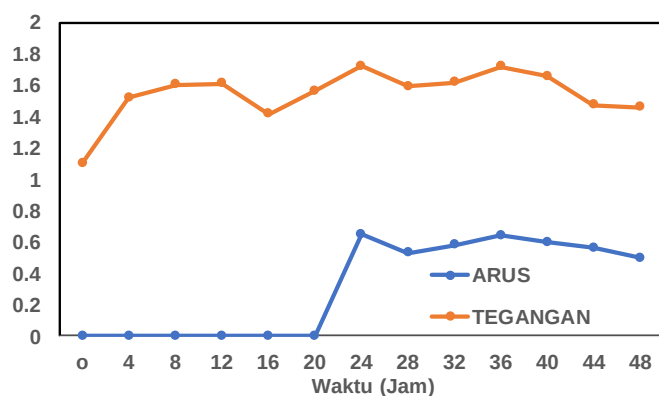


Gambar 1. Proses Microbial Fuel Cell

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

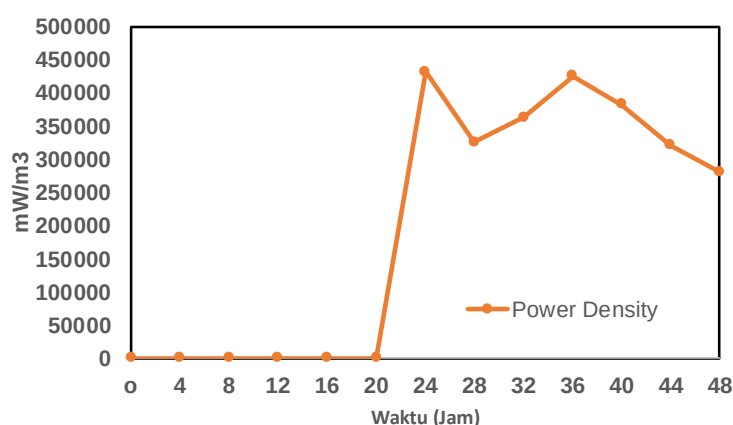
A. Potensi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (Komposisi 200 Gram)

Microbial Fuel Cell (MFC) pada chamber A yang diisi dengan limbah kulit pisang bertekstur halus setelah inkubasi selama 4 hari menunjukkan hasil yang bervariasi. Grafik hasil pengukuran tegangan dan arus listrik selama 48 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa dari jam ke-0 sampai jam ke-20, arus tidak terbaca karena terlalu kecil untuk diukur oleh multimeter. Tegangan mulai terbaca dari jam ke-24 hingga jam ke-48, dengan peningkatan dan penurunan secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum 0,273 mA dan 0,622 V pada jam ke-48. Percobaan serupa pada chamber B, dengan limbah kulit pisang yang telah diinkubasi selama 4 hari, juga menunjukkan hasil yang serupa. Tegangan dan arus mulai terbaca dari jam ke-24 hingga jam ke-48. Nilai maksimum tercatat pada jam ke-44 dengan kuat arus 0,286 mA dan tegangan 0,635 V. Untuk chamber C, hasil pengukuran selama 48 jam menunjukkan pola yang sama. Tegangan dan arus mulai terbaca dari jam ke-24 dengan nilai maksimum pada jam ke-24 yaitu 0,215 mA dan 0,525 V. Pada chamber ABC, dimana chamber A, B, dan C dihubungkan secara seri, menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil tegangan dan arus (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Pengukuran Arus dan tegangan Pada Chamber ABC

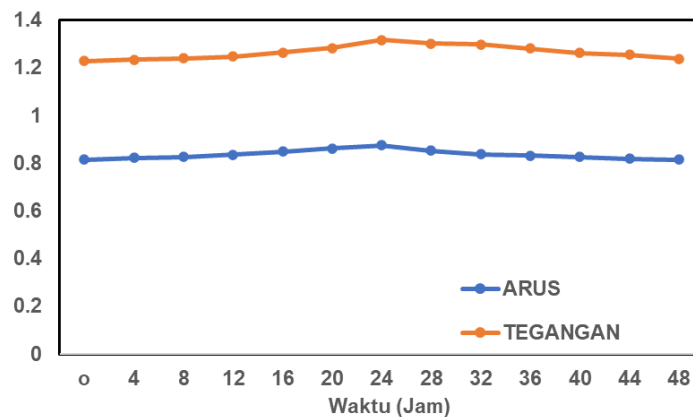
Nilai maksimum tercapai pada jam ke-24 dengan kuat arus 0,651 mA dan tegangan 1,724 V. Peningkatan ini diakibatkan oleh fase eksponensial bakteri yang meningkatkan produksi proton dan elektron. Penggunaan KMnO_4 sebagai elektrolit juga berpengaruh pada densitas daya yang dihasilkan, mencapai $257,43 \text{ mW/m}^2$ pada jam ke-24 (Gambar 3). Pembentukan biofilm pada permukaan anoda menyebabkan peningkatan hambatan dalam anoda, sehingga densitas daya menurun seiring waktu (Widodo dkk, 2019).



Gambar 3. Power Density

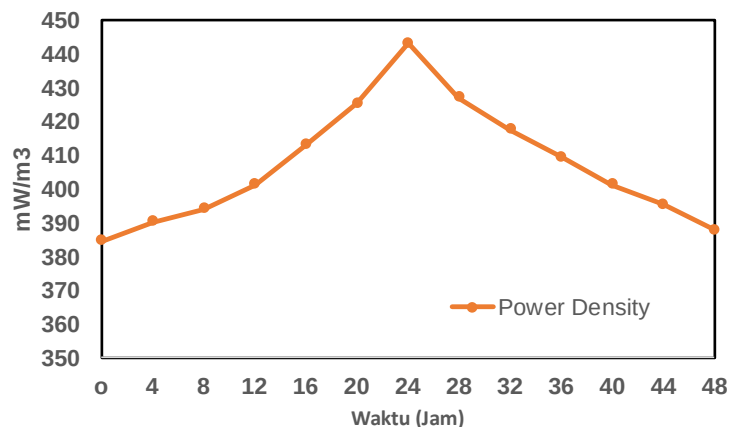
B. Potensi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (Komposisi 300 Gram)

Dengan komposisi limbah kulit pisang 300 gram, hasil menunjukkan peningkatan tegangan dan arus hingga mencapai puncak pada jam ke-24 dengan kuat arus 0,339 mA dan tegangan 0,453. Chamber B dan C menunjukkan hasil serupa dengan nilai maksimum pada jam ke-24 masing-masing sebesar 0,359 mA dan 0,678 V untuk chamber B, serta 0,203 mA dan 0,415 V untuk chamber C. Pada chamber ABC, nilai maksimum tercatat pada jam ke-24 dengan kuat arus 0,875 mA dan tegangan 1,317 V (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Pengukuran Arus dan tegangan Pada Chamber ABC

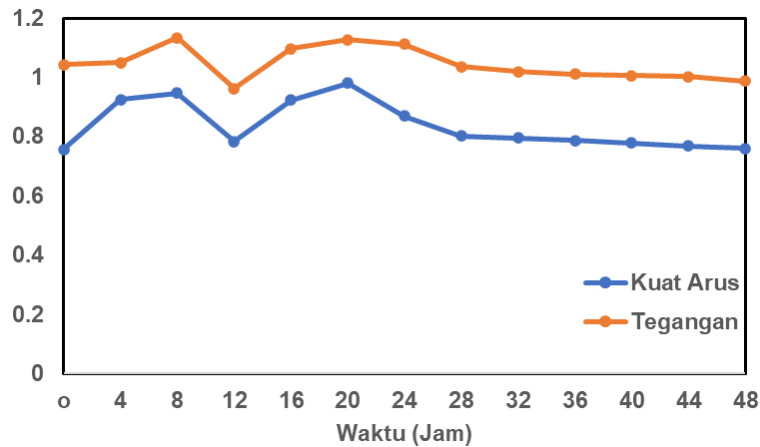
Penggunaan KMnO_4 sebagai elektrolit juga berpengaruh pada densitas daya yang dihasilkan, mencapai $443,22 \text{ mW/m}^2$ pada jam ke-24 (Gambar 5). Dikarenakan energi yang dihasilkan dari metabolisme bahan organik sebagian besar digunakan untuk membentuk biofilm. Sel-sel akan teradsorpsi pada permukaan media yang kemudian akan tumbuh dan berkembang serta menghasilkan Extracellular Substance (EPS) untuk membentuk biofilm. Terbentuknya biofilm ini akan mengakibatkan peningkatan hambatan dalam anoda dan menyebabkan penurunan nilai power density



Gambar 5. Power Density

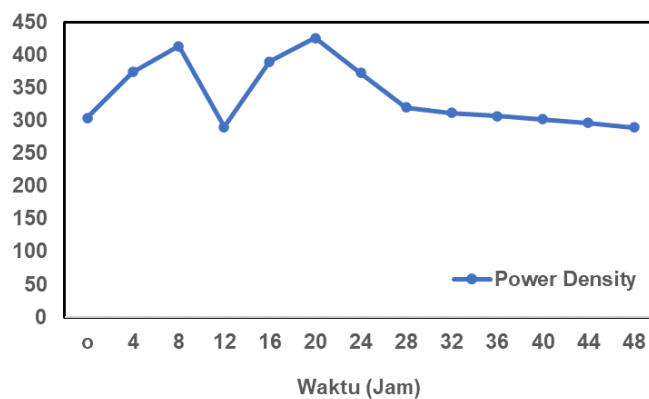
C. Potensi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Nanas (Komposisi 200 Gram)

Percobaan dengan limbah kulit nanas menunjukkan bahwa tegangan dan arus meningkat hingga mencapai puncaknya pada jam ke-20 dengan nilai $0,331 \text{ mA}$ dan $0,503 \text{ V}$. Hasil serupa tercatat pada chamber B dan C dengan nilai maksimum tegangan dan arus pada jam ke-20 masing-masing sebesar $0,331 \text{ mA}$ dan $0,503 \text{ V}$, serta $0,327 \text{ mA}$ dan $0,325 \text{ V}$. Pada chamber ABC, nilai maksimum tercatat pada jam ke-20 dengan kuat arus $0,981 \text{ mA}$ dan tegangan $1,127 \text{ V}$ ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengukuran Arus dan tegangan Pada Chamber ABC

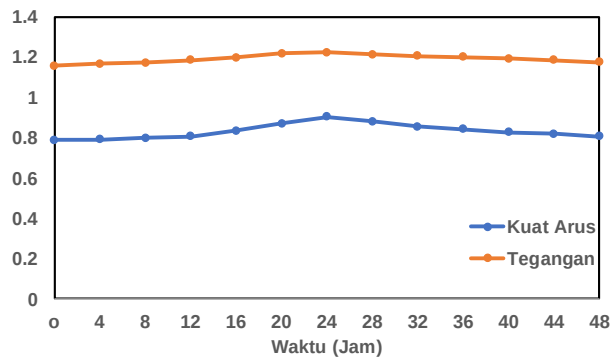
Penggunaan KMnO_4 sebagai elektrolit juga berpengaruh pada densitas daya daya meningkat hingga $425,225 \text{ mW/m}^2$ pada jam ke-20 (Gambar 7). Dikarenakan energi yang dihasilkan dari metabolisme bahan organik sebagian besar digunakan untuk membentuk biofilm. Sel-sel akan teradsorpsi pada permukaan media yang kemudian akan tumbuh dan berkembang serta menghasilkan Extracellular Substance (EPS) untuk membentuk biofilm. Terbentuknya biofilm ini akan mengakibatkan peningkatan hambatan dalam anoda dan menyebabkan penurunan nilai power density



Gambar 7. Power Density

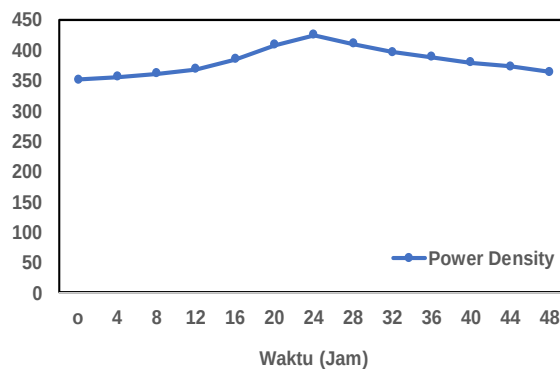
D. Potensi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Nanas (Komposisi 300 Gram)

Percobaan dengan limbah kulit nanas menunjukkan peningkatan hingga mencapai nilai maksimum pada jam ke-20 dengan kuat arus $0,204 \text{ mA}$ dan tegangan $0,453 \text{ V}$. Chamber B menunjukkan nilai maksimum pada jam ke-24 dengan kuat arus $0,319 \text{ mA}$ dan tegangan $0,527 \text{ V}$, sedangkan chamber C mencatat nilai $0,189 \text{ mA}$ dan $0,359 \text{ V}$ pada jam ke-24. Pada chamber ABC, nilai maksimum tercatat pada jam ke-20 dengan kuat arus $0,981 \text{ mA}$ dan tegangan $1,127 \text{ V}$ (Gambar 8).



Gambar 8. Grafik Pengukuran Arus dan tegangan Pada Chamber ABC

Densitas daya juga mencapai puncak pada jam ke-20 dengan nilai 425,225 mW/m² (Gambar 9). Dikarenakan energi yang dihasilkan dari metabolisme bahan organik sebagian besar digunakan untuk membentuk biofilm. Sel-sel akan teradsorpsi pada permukaan media yang kemudian akan tumbuh dan berkembang serta menghasilkan Extracellular Substance (EPS) untuk membentuk biofilm. Terbentuknya biofilm ini akan mengakibatkan peningkatan hambatan dalam anoda dan menyebabkan penurunan nilai power density.



Gambar 9. Power Density

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengevaluasi kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) dengan menggunakan limbah kulit pisang dan kulit nanas sebagai substrat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Pada percobaan dengan komposisi 200 gram limbah kulit pisang, nilai tegangan tertinggi yang dicapai adalah 1,724 V dan arus tertinggi sebesar 0,643 mA. Power density tertinggi yang diperoleh adalah 431,663 mW/m². Pada komposisi 300 gram limbah kulit pisang, nilai tegangan tertinggi yang dicapai adalah 1,317 V dan arus tertinggi sebesar 0,875 mA. Power density tertinggi yang diperoleh adalah 443,22 mW/m². Pada percobaan dengan komposisi 200 gram limbah kulit nanas, nilai tegangan tertinggi yang dicapai adalah 1,127 V dan arus tertinggi sebesar 0,981 mA. Power density tertinggi yang diperoleh adalah 425,225 mW/m². Pada komposisi 300 gram limbah kulit nanas, nilai tegangan tertinggi yang dicapai adalah 1,225 V dan arus tertinggi sebesar 0,903 mA. Power density tertinggi yang diperoleh adalah 425,225 mW/m². Komposisi terbaik dari MFC dalam penelitian ini adalah menggunakan 300 gram limbah kulit pisang, karena

memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan dengan variasi lainnya, termasuk komposisi 200 gram.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Arizona, R., Kurniadi, S. and Fernando, Y., 2021. Direction Flow (Dc) Electric Energy Production Through Utilization of Banana Leather and Papaya Leather Waste To Be an Environmentally Friendly Biobattery. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 4(01), pp.2714-621.
2. Firdaus, M. A., Dhiya, S., Suherman, M., Hafidz, M., Ryansyah, D. (2020). 3809-Article Text-9594-1-10-20200913. *Barometer*, 5(2), 232-238
3. Hidayat, S., Aghnia, D.W., Kardena, E. and Helmy, Q., 2020. Kinerja Microbial Fuel Cell dengan Variasi Hambatan Eksternal dalam Menghasilkan Energi Listrik dan Menyisihkan Senyawa Organik pada Limbah Cair. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(3), pp.223-232
4. Indah Sulistiyawati., 2020. Produksi Biolistrik menggunakan Microbial Fuel Cell (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera : A Scientific Journal*
5. Lisa Utami., 2018, Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cell Dengan Permanganat Sebagai Katolit. *al-Kimiya*, Vol. 5, No. 2 (62-67)
6. Melda Latif, Arif Dwi Fajri, dan Mumuh Muharam., 2020. Penerapan Sampah Buah Tropis untuk Microbial Fuel Cell. *Jurnal Rekayasa Elektriika* Vol. 16, No. 1.
7. Rinaldi, W., Nurdin Y., Windari, W., (2014). Pengelolaan Limbah cair organik dengan microbial fuel cell organic waste water treatment by microbial fuel cell. *Jurnal rekayasa kimia dan lingkungan*, 10(2), 92-98
8. Sirait, N. A., M. R. Kirom, dan N. Fitriyanti. 2021. Pengaruh Variasi Substrat dan Tegangan Produksi Gas Hidrogen (H₂) dengan Microbial Electrolysis Cell (MEC) Dual Chamber Menggunakan Limbah Kulit Nanas Selama 20 Jam. *E-Proceeding of Engineering* 8(5): 5811-5818
9. Syamsuri, R.R.P., Pribadi, T.D.K. and Rosada, K.K., 2021. Pemanfaatan Microbial Fuel Cell untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan dan Menghasilkan Mikroenergi. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(1), pp.28-35.
10. Widodo, A.A. and Ali, M., 2019. Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pematangan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *ENVIROTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 11(2), pp.30-37.