



Pengaruh Variasi Massa Limbah Kulit Pisang Terhadap Produksi Biolistrik *Microbial Fuel Cell* (MFC)

Siti Dhea Nur Aini¹, Marlinda^{2*}, Wahyudi³

Politeknik Negeri Samarinda, Indonesia

nurainisitidhea@gmail.com¹, marlinda@polnes.ac.id²,

[sukesbarokahwahyudi@ymail.com](mailto:suksesbarokahwahyudi@ymail.com)³

Abstrak:

Kulit pisang merupakan limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi biolistrik menggunakan metode *Microbial Fuel Cell*. Kulit pisang memiliki kandungan karbohidrat dan serat yang cukup tinggi yang digunakan oleh bakteri/ mikroorganisme sebagai sumber nutrisi untuk memproduksi proton, elektron, serta karbon dioksida. Pada penelitian ini menggunakan tipe MFC *dual chamber* dengan jembatan garam sebagai media transfer proton. Kompartemen anoda berisikan filtrat kulit pisang sedangkan kompartemen katoda berisikan tumbuhan air *Ceratophyllum demersum* yang digunakan sebagai pengganti larutan elektrolit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi massa limbah kulit pisang terhadap produksi biolistrik menggunakan metode *Microbial Fuel Cell*. Pada penelitian ini massa limbah kulit pisang divariasikan sebanyak 150 gram, 600 gram, 750 gram, 1.050 gram, dan 1.500 gram. Hasil terbaik pada penelitian ini didapatkan pada massa 750 gram limbah kulit pisang dengan 7 hari inkubasi di dalam reaktor MFC. Dengan nilai tegangan, kuat arus, dan *power density* yang dihasilkan secara berturut-turut yaitu 250 mV, 100 μ A dan $1,28 \times 10^{10} \mu$ W/m². Pada penelitian ini didapatkan bahwa variasi massa limbah kulit pisang mempengaruhi produksi biolistrik yang dihasilkan.

Kata Kunci: anoda, katoda, massa, MFC (*Microbial Fuel Cell*), oksigen

Abstract:

Banana peel is an organic waste that can be used as raw material for bioelectricity production using the Microbial Fuel Cell method. Banana peels have a high enough carbohydrate and fiber contents used by bacteria /microorganisms as a source of nutrients to produce protons, electrons, and carbon dioxide. This study used a dual chamber MFC type with salt bridges as a proton transfer medium. The anode compartment contains banana peel filtrate while the cathode compartment contains the aquatic plant Ceratophyllum demersum which was used instead of electrolyte solution. The purpose of this study is to determine the effect of mass variation of banana peel waste on bioelectricity production using the Microbial Fuel Cell method. In this study, the mass of banana peel waste was varied by 150 grams, 600 grams, 750 grams, 1.050 grams, and 1.500 grams. The best results in this study were

obtained in a mass of 750 grams of banana peel waste with 7 days of incubation in the MFC reactor. With the value of voltage, current strength, and power density produced respectively, namely 250 mV, 100 μ A and 1.28×10^{10} μ W/m². In this study, it was found that variations in the mass of banana peel waste affected the production of bioelectricity produced.

Keywords: anode, cathode, mass, MFC (Microbial Fuel Cell), oxygen

Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi utama yang diperlukan dalam melaksanakan aktifitas kehidupan manusia sehari-hari. Sumber energi listrik umumnya berasal dari sumber energi tak terbarukan yakni dari bahan bakar fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Dimana, energi tak terbarukan ini membutuhkan waktu pengendapan yang lama dalam proses pembentukan bahan bakar fosil sehingga apabila cadangan bahan bakar fosil habis maka proses pembentukan kembali diperlukan waktu bertahun-tahun. Sehingga diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diolah menjadi sumber energi listrik. *Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah teknologi alternatif untuk menghasilkan energi listrik yakni dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik menggunakan mikroba sebagai katalis (H. W. Nugraha et al., 2020). Proses ini melibatkan mikroba yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi biokimia yang menghasilkan electron. Metode MFC ramah lingkungan karena menggunakan bakteri elektroaktif (*exoelectrogens*) untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan limbah organik dan anorganik dari air limbah (Maqsood et al., 2022).

Microbial Fuel Cell sama seperti *fuel cell* biasa yaitu tersusun dari katoda, anoda, dan larutan elektrolit (Widodo & Ali, 2019). Pada kompartemen anoda berisi substrat organik sedangkan pada kompartemen katoda berisi larutan elektrolit. Proses metabolisme bakteri pada substrat tersebut dapat menghasilkan listrik dengan memanfaatkan elektron hasil dari metabolisme bakteri (A. Nugraha et al., 2023). Bakteri memetabolisme bahan organik (substrat) dan menguraikannya menjadi molekul-molekul lebih sederhana.

Salah satu sampah organik yang mudah ditemukan adalah limbah kulit pisang. Kulit pisang adalah limbah pertanian yang banyak tersedia yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui sel bahan bakar mikroba (Roselle Angela G. Torres et al., 2023).

Untuk larutan elektrolit pada kompartemen katoda pada umumnya menggunakan larutan kimia KMnO_4 seperti pada penelitian (Utami et al., 2019), dan (Ali & Widodo, 2019). Namun pada penelitian ini peneliti menggunakan bahan organik berupa tanaman air *Ceratophyllum demersum* yang dapat menghasilkan oksigen. Penambahan tumbuhan *Ceratophyllum demersum* dapat meningkatkan oksigen terlarut dan oksigen udara melalui proses fotosintesis (Widyasari et al., 2018).

Dalam penelitian (Utami et al., 2019) limbah kulit pisang diolah menjadi sumber energi listrik dengan menggunakan teknologi MFC, dan hasil pengukuran terbaik

didapatkan pada hari ke-7 dengan nilai tegangan maksimum, kuat arus dan *power density* berturut-turut yaitu, 1,455 V; 0,032 mA; dan 31,9 mW/m².

Penelitian yang dilakukan oleh (Ugochukwu Chibueze, 2018) yaitu dengan menggunakan limbah kulit pisang, dan nanas. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah grafit. Dengan tempat transfer proton menggunakan jembatan garam yang terdiri dari 3,75% natrium klorida, dan 2,2% agar. Menghasilkan daya maksimum masing-masing 3,983x10⁻⁴ W; 7,162x10⁻⁴ W dan 8,992x10⁻⁴ W untuk glukosa, kulit pisang dan kulit nanas, sedangkan non-aerasi adalah 3,936x10⁻⁴ W; 7,059x10⁻⁴ W dan 8,909x10⁻⁴ W untuk glukosa, kulit pisang dan kulit nanas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rosyadi et al., 2017) bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar alga hijau air tawar terhadap tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pada sistem PMFC (*Plant Microbial Fuel Cell*) dengan menggunakan perlakuan variasi kadar alga hijau yaitu 30 gram, 40 gram, 50 gram dan 60 gram sebagai komponen elektroda di kompartemen katoda dengan penambahan aquades 1L. Sedangkan limbah cair tempe sebagai substrat pertumbuhan mikroba pada ruang anoda. Penelitian ini menghasilkan nilai terbaik pada variasi massa 60 gram alga hijau dengan tegangan sebesar 320 mV, kuat arus 5,9 µA dan *power density* 1.293,151 µW/m.

Dalam penelitian (Puspitaningrum et al., 2012) bertujuan untuk mengetahui produksi dan konsumsi oksigen oleh tumbuhan air yaitu diantaranya seperti *Hydrilla verticillata* Royle, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes* Solms, *Salvinia molesta* All, dan *Lemna minor*. Didapatkan bahwa konsumsi oksigen paling banyak oleh tumbuhan air *Hydrilla verticillata* Royle sebesar 1,43 mg/L, yang paling rendah oleh *Ceratophyllum demersum* sebesar 0,12 mg/L. Jenis tumbuhan air yang paling potensial menghasilkan oksigen adalah *Ceratophyllum demersum* karena memproduksi oksigen paling banyak dan mengkonsumsi oksigen paling sedikit.

Agar dapat menghasilkan produksi biolistrik yang bahan baku kompartemen anoda dan katodanya merupakan bahan organik dan untuk mengetahui massa limbah kulit pisang terbaik yang digunakan. Maka pada penelitian ini digunakan filtrat limbah kulit pisang sebagai kompartemen anoda dan kompartemen katoda berasal dari tumbuhan air *Ceratophyllum demersum* yang digunakan sebagai oksigen terlarut di dalam reaktor MFC serta memvariasikan massa limbah kulit pisang sebesar 150 gram, 600 gram, 750 gram, 1.050 gram dan 1.500 gram dalam pelarut aquades sebanyak 1,5 L pada kompartemen anoda dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh produksi biolistrik yang dihasilkan.

Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan sebab bahan bakar energi listrik yang tak terbarukan seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang tidak dapat diperbaharui jumlahnya setiap hari semakin berkurang, dan harganya yang mahal membuat pentingnya penelitian ini dilakukan.

Metode

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor MFC tipe dua bejana, termometer, spatula, timbangan analitik, timbangan, blender, cawan petri, gelas kimia, botol semprot, bak, pisau, gunting, saringan teh, kain, kabel, lampu LED 1,5 V, saklar, kapasitor, resistor, multimeter analog, penjepit buaya, pipa PVC 3/4 inch, sambungan pipa 3/4 inch, solder, toples plastik, jerigen, karet ban, lem, *cling wrap*, aluminium foil,

kompur listrik, elektroda karbon grafit, dan kertas indikator pH. Untuk bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kulit pisang, tumbuhan air *Ceratophyllum demersum*, aquades, larutan NaOH 1 M, larutan HCL 1 M, nutrient agar, NaCl PA/ murni dan etanol.

Sterilisasi Alat

Dilakukan dengan mencuci bersih alat-alat yang digunakan dan membilas dengan menggunakan etanol kemudian dibilas kembali menggunakan aquades.

Preparasi Limbah Kulit Pisang

Menyiapkan limbah kulit pisang yang digunakan sebanyak 5 kg. Kemudian memvariasikan massa kulit pisang yang digunakan yaitu 150 gram, 600 gram, 750 gram, 1.050 gram, dan 1.500 gram. Selanjutnya, menambahkan aquades sebanyak 1,5 L untuk setiap variasi kemudian melakukan penghalusan kulit pisang dan menyaring hasil filtrat dari tiap variasi serta melakukan fermentasi selama 3 hari dari setiap variasi.

Preparasi Tumbuhan Air *Ceratophyllum Demersum*

Dilakukan dengan menimbang sebanyak 45 gram massa *Ceratophyllum demersum* untuk setiap variasi yang akan digunakan dan menambahkan sebanyak 1,5 liter aquades kedalam wadah yang berisi *Ceratophyllum demersum*. Selanjutnya, tumbuhan air ditempatkan pada tempat yang terkena cahaya matahari selama 2 hari.

Preparasi Elektroda

Menyiapkan dua buah elektroda grafit. Kemudian merendam elektroda ke dalam HCL 1M selama 1x24 jam, dan dibilas dengan aquades. Merendam kembali elektroda kedalam larutan NaOH 1 M selama 1x24 jam dan dibilas menggunakan aquades. Merendam elektroda ke dalam aquades sampai saat akan digunakan.

Preparasi Bioreaktor MFC

Menyiapkan toples plastik dengan ukuran tinggi 18,5 cm dan panjang 13,75 cm serta lebar 13,75 cm dengan volume 3,5 liter. Selanjutnya, melubangi bagian tengah penutup toples dengan menggunakan solder dan melubangi penutup dengan ukuran diameter 1 cm untuk tempat kabel elektroda serta untuk thermometer dan tempat pengecekan pH.

Pembuatan Jembatan Garam

Mencampurkan NaCl Murni sebanyak 7,5 gram dan nutrient agar sebanyak 4,4 gram ke dalam aquades 100 ml. Selanjutnya, memanaskan larutan selama 3 menit atau hingga mendidih sambil di aduk hingga homogen dan mengental. Kemudian, memasukkan larutan kedalam pipa pvc (\varnothing 3/4 inch, panjang 10 cm) yang telah ditutup salah satu sisinya menggunakan plastik cling wrap. Setelah itu, mendinginkan larutan hingga padat.

Eksperimen MFC

Menyiapkan alat MFC berupa chamber anoda dan katoda serta memasang jembatan garam yang telah dibuat. Kemudian, memasukkan limbah cair kulit pisang

yang telah diinkubasi selama 3 hari ke dalam anoda dan tanaman air *Ceratophyllum demersum* yang telah dijemur di dalam chamber katoda. Selanjutnya, mengamati dan mencatat tegangan listrik, kuat arus, serta menghitung power density yang dihasilkan untuk setiap variasi yaitu selama 7 hari inkubasi di dalam reaktor MFC. Apabila tegangan kurang dari 1,5 volt maka tidak dilakukan penyimpanan daya pada kapasitor. Apabila daya atau tegangan yang dihasilkan mencapai 1,5 volt maka daya akan disimpan selama 5 jam di dalam kapasitor setelah itu akan dilihat pada indikator yakni berupa lampu LED berdasarkan lama nyala ketahanan yang ada pada lampu. Setelah itu, mengukur dan mencatat temperature dan pH limbah cair kulit sebagai data pendukung.

Pengolahan Data

Data berupa tegangan (V), kuat arus (I), dan power density (P). Nilai tegangan dan kuat arus didapatkan menggunakan alat multimeter digital sedangkan data power density diperlukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{V \cdot I}{A} \quad (1)$$

Simbol A pada rumus tersebut merupakan luas permukaan dari elektroda grafit. Untuk satuan dari *power density* yaitu $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

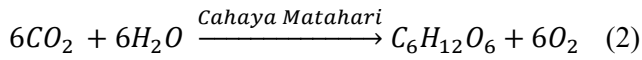
Hasil dan Pembahasan

Desain alat MFC pada penelitian ini menggunakan desain *dual chamber* MFC dimana anoda dan katoda yang digunakan adalah karbon grafit dengan luas permukaan dari karbon grafit tersebut sebesar $1,94523 \times 10^{-3} \text{m}^2$. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi massa limbah kulit pisang terhadap produksi biolistrik yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Microbial Fuel Cell* (MFC). Variasi massa limbah kulit pisang yang digunakan yaitu 150 gram, 600 gram, 750 gram, 1.050 gram, dan 1.500 gram.

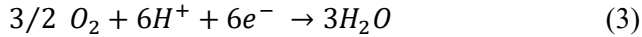
Limbah kulit pisang diletakkan pada kompartemen anoda dan tumbuhan air *Ceratophyllum demersum* diletakkan pada kompartemen katoda. Pada kompartemen anoda dan katoda berlangsung reaksi kimia, dimana reaksi kimia yang terjadi yaitu pada kompartemen anoda, mikroba melakukan rangkaian proses metabolisme untuk memproduksi proton, elektron, dan karbon dioksida. Pada kompartemen anoda berlangsung kondisi secara *anaerob*. Selanjutnya, proton yang dihasilkan pada kompartemen anoda dilepaskan dan berdifusi ke kompartemen katoda melalui jembatan garam sedangkan elektron ditransfer ke bagian katoda melalui elektroda grafit pada sirkuit eksternal.

Sebelum masuk ke dalam kompartemen katoda tumbuhan air *Ceratophyllum demersum* telah mengalami proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen terlarut. Oksigen terlarut berfungsi sebagai pengikat proton serta elektron dalam pembentukan air pada kompartemen katoda (Rahman, 2023). Tumbuhan air *Ceratophyllum demersum* pada kompartemen katoda di inkubasi ke dalam reaktor secara *anaerob* disebabkan pengoperasian sistem MFC berada di dalam ruangan tertutup sehingga hanya sedikit

cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan. Berikut adalah reaksi kimia dari proses fotosintesis pada tumbuhan air *Ceratophyllum demersum* sebelum masuk pada kompartemen katoda.

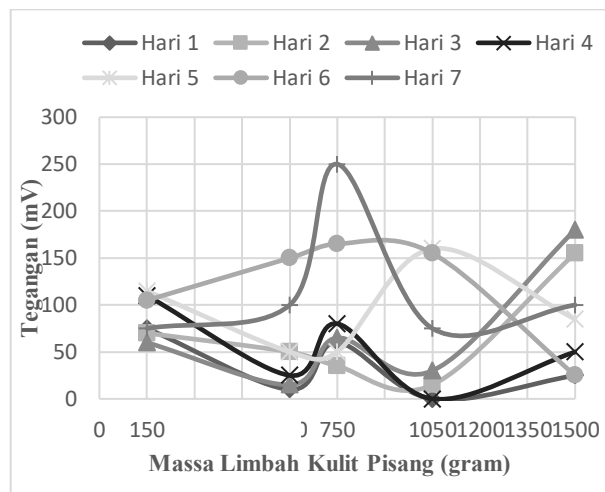


Oksigen terlarut yang dihasilkan oleh *Ceratophyllum demersum* kemudian bergabung dengan proton dan elektron pada kompartemen katoda dan menghasilkan air.



Pada penelitian ini didapatkan hasil produksi biolistrik menggunakan variasi massa limbah kulit pisang pada kompartemen anoda dengan variasi massa yaitu 150 gram, 600 gram, 750 gram, 1.050 gram, dan 1.500 gram pada hari ke-1 hingga hari ke-7 inkubasi di dalam reaktor MFC.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil pengaruh variasi massa terhadap besar tegangan, kuat arus dan *power density* yang disajikan dalam Gambar 1-3 sebagai berikut,

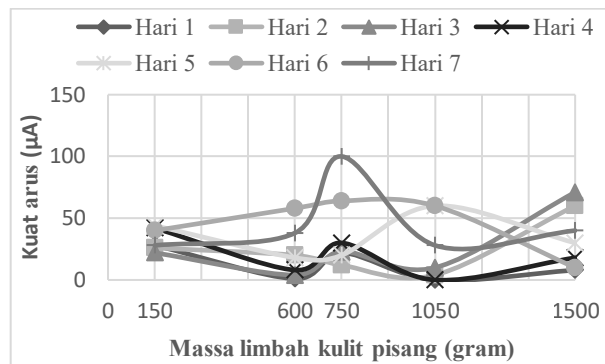
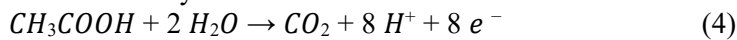


Gambar 1. Hasil pengukuran tegangan pada variasi massa limbah kulit pisang

Gambar 1 menunjukkan bahwa pengaruh variasi massa mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan dimana semakin besar massa limbah kulit pisang yang digunakan menunjukkan penurunan tegangan yakni pada variasi massa 1.500 gram yang mengalami penurunan nilai tegangan di hari ke-5 dan ke-6 waktu inkubasi di dalam reaktor MFC. Dan dapat dilihat juga pada variasi massa 150 gram nilai tegangan yang dihasilkan cukup tinggi yakni pada rentang nilai 75 mV sampai 115 mV. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Khan et al., (2013) yang menyebutkan bahwa semakin besar konsentrasi substrat yang digunakan maka kuat kepadatan arus (*current density*) yang dihasilkan semakin kecil sedangkan apabila konsentrasi substrat kecil maka *current density* yang dihasilkan semakin besar.

Apabila terjadi peningkatan dalam produksi biolistrik yang dihasilkan dari sistem MFC hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi pelepasan elektron yang meningkat dari

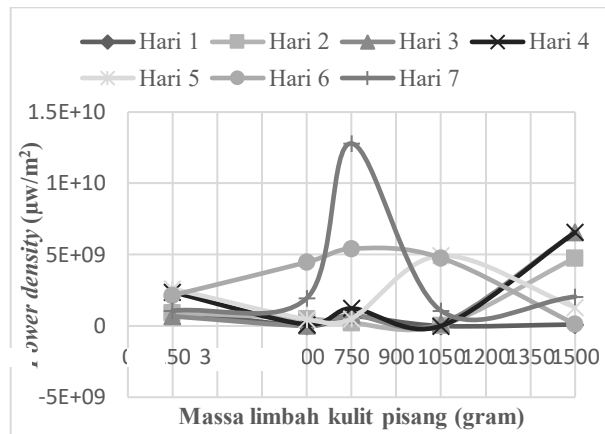
kompartemen anoda ke kompartemen katoda Y Shijie, (2006) dalam (Utami et al., 2019). Pada penelitian ini tegangan listrik tertinggi dihasilkan pada variasi massa 750 gram limbah kulit pisang dengan nilai tegangan sebesar 250 mV di hari ke-7 waktu inkubasi di dalam reaktor. Menurut Min dan Logan, (2004); Rabaey dan Verstraete, (2005) dalam (Rahman, 2023) substrat yang terdegradasi menjadi asam asetat dan asam sederhana lainnya merupakan sumber elektron utama untuk menghasilkan arus listrik. Pada hari pertama waktu inkubasi filtrat limbah kulit pisang memiliki pH yang cenderung asam yaitu pada rentang pH= 4 sampai 5. Dan di akhir waktu inkubasi pH yang dihasilkan berada pada rentang 6-7. Hal tersebut menandakan bahwa sumber elektron berasal dari senyawa asam yang terdapat pada filtrat limbah kulit pisang yang telah di fermentasi selama 3 hari. Menurut Lovley, (2008) dalam (Rahman, 2023) asam asetat dan asam sederhana lainnya merupakan sumber elektron utama untuk menghasilkan arus dan tegangan listrik. Sehingga reaksi yang terjadi pada kompartemen anoda yaitu:



Gambar 2. Hasil pengukuran kuat arus pada variasi massa limbah kulit pisang

Gambar 2 menunjukkan bahwa massa limbah kulit pisang mempengaruhi hasil kuat arus listrik yang dihasilkan dari sistem operasi MFC. Dimana pada massa terkecil limbah kulit pisang menghasilkan kuat arus yang stabil dengan bertambahnya waktu inkubasi di dalam reaktor MFC ditandai pada hari ke 3 hingga ke 5 terjadi peningkatan kuat arus dari rentang 22 hingga 44 µA namun mulai menurun di hari ke 7 inkubasi di dalam reaktor dengan kuat arus 28 µA, hal tersebut disebabkan karena pembentukan biofilm oleh mikroba di anoda sehingga ada hambatan untuk elektron dapat ditransferkan ke katoda. Dimana semakin besar hambatan maka semakin kecil beda potensial dan kuat arus yang dihasilkan (Kurniati et al., 2020). Namun sebaliknya pada massa yang besar terjadi penurunan kuat arus yang cukup tajam yaitu pada rentang 71 µA di hari ke 3 hingga 10 µA di hari ke 6. Dan kuat arus tertinggi dihasilkan dari variasi 750 gram di hari ke 7 waktu inkubasi. Sehingga dengan bertambahnya massa limbah kulit pisang menandakan bahwa kuat arus listrik yang dihasilkan tidak sebanding dengan bertambahnya jumlah massa limbah kulit pisang yang digunakan atau dengan bertambahnya massa limbah kulit pisang kuat arus listrik yang dihasilkan semakin kecil. Sebaliknya pada variasi terkecil dari jumlah kulit pisang yang digunakan

memiliki nilai yang cenderung stabil dari hari pertama hingga hari ke 6 waktu inkubasi. Dan nilai kuat arus maksimum dari operasi MFC menggunakan limbah kulit pisang sebagai kompartemen anoda dan tumbuhan air *Cerathophyllum demersum* sebagai kompartemen katoda menghasilkan nilai maksimum pada variasi massa 750 gram limbah kulit pisang yakni sebesar 100 μA .



Gambar 3. Hasil perhitungan *power density* pada variasi massa limbah kulit pisang

Power density merupakan hasil perkalian dari nilai kuat arus dan tegangan, kemudian dibagi dengan luas permukaan elektroda. *Power density* tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini berada pada variasi massa 750 gram limbah kulit pisang dengan nilai *power density* sebesar $1,28 \times 10^{10} \mu\text{W}/\text{m}^2$. Nilai dari *power density* dipengaruhi oleh kuat arus listrik dan tegangan yang dihasilkan serta luas permukaan dari elektroda yang digunakan. Untuk luas permukaan elektroda yang digunakan sebesar $1,94523 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa variasi massa limbah kulit pisang mempengaruhi nilai *power density* yang dihasilkan. Dengan bertambahnya massa limbah kulit pisang nilai *power density* yang dihasilkan akan menurun dan sebaliknya dengan massa limbah kulit pisang yang sedikit menghasilkan *power density* yang nilainya stabil. Saat massa limbah kulit pisang meningkat, konsentrasi substrat di dalam sel bahan bakar mikroba juga meningkat. Pada konsentrasi yang terlalu tinggi, substrat dapat menjadi toksik bagi mikroba, menghambat aktivitas metabolik mereka dan mengurangi efisiensi produksi elektron. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Khan et al., 2013) dengan memvariasikan konsentrasi substrat yang digunakan. *Power density* merupakan besarnya daya yang dihasilkan dalam persatuan volume. Berdasarkan SNI 8277:2020, tentang panduan komisioning Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menetapkan acuan pelaksanaan komisioning pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang merupakan pembangkit listrik tenaga air skala kecil dengan daya listrik yang dibangkitkan lebih dari 5 kW sampai dengan 1 MW. Dimana *power density* tertinggi yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu sebesar $1,28 \times 10^{10} \mu\text{W}/\text{m}^2$ atau setara dengan 12,8 kW. Hal tersebut menunjukkan bahwa *power density* yang dihasilkan pada

penelitian ini cukup untuk memenuhi kebutuhan pembangkit listrik skala kecil, namun karena nilainya yang fluktuatif atau cenderung tidak stabil maka diperlukan penelitian lebih lanjut agar dapat menghasilkan pembangkit listrik skala kecil yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa variasi massa limbah kulit pisang mempengaruhi produksi biolistrik yang dihasilkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik diperoleh pada variasi massa 750 gram limbah kulit pisang dalam waktu inkubasi 7 hari. Dengan tegangan yang didapatkan sebesar 250 mV, nilai kuat arus listrik sebesar 100 μ A, dan nilai *power density* sebesar $1,28 \times 10^{10}$ μ W/m². Nilai *power density* maksimum yang dihasilkan pada penelitian ini yakni setara dengan 12,8 kW sehingga memenuhi syarat yang ditetapkan dalam (SNI 8277:2020), yaitu daya pembangkit listrik skala kecil yang dihasilkan sebesar 5 kW sampai dengan 1 MW.

Daftar Pustaka

- Ali, M., & Widodo, A. A. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 30–37. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.4>
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 8277:2020 Panduan komisioning Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=IE11AO279WZMHqD899polRyrBm2QaBgO>
- Khan, M. R., Amin, M. S. A., Rahman, M. T., Akbar, F., & Ferdous, K. (2013). Factors affecting the performance of double chamber microbial fuel cell for simultaneous wastewater treatment and power generation. *Polish Journal of Chemical Technology*, 15(1), 7–11. <https://doi.org/10.2478/pjct-2013-0002>
- Kurniati, E., Tunggul, A., Haji, S., & Permatasari, C. A. (2020). Pengaruh Penambahan EM 4 Dan Jarak Elektroda Terhadap Listrik Yang Dihasilkan MFC (Air Lindi) Effect Of EM 4 Addition And Electrode's Distance Towards Electric That Is Produced By MFC (Leachate). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 19–30.
- Maqsood, Q., Ameen, E., Mahnoor, M., Sumrin, A., Akhtar, M. W., Bhattacharya, R., & Bose, D. (2022). Applications of Microbial Fuel Cell Technology and Strategies to Boost Bioreactor Performance. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21(3), 1191–1199. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i03.024>
- Nugraha, A., Nihin, A., & Syarif, A. (2023). Analisis variasi substrat air cucian beras dan kulit pisang microbial fuel cell terhadap arus listrik analysis of substrate variation of rice

- washing water and banana waste microbial fuel cell on electricity. *SJME KINEMATIKA*, 8(2), 131–139. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v8i2.266>
- Nugraha, H. W., Djajakirana, G., Anwar, S., & Santosa, D. A. (2020). Producing renewable electric energy through a microbial fuel cell in the rice field. *Biodiversitas*, 21(9), 4139–4146. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210927>
- Puspitaningrum, M., Izzati, M., & Haryanti, S. (2012). Produksi Dan Konsumsi Oksigen Terlarut Oleh Beberapa Tumbuhan Air. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 10(Maret), 47–55.
- Rahman, A. Z. S. (2023). *Pemanfaatan Limbah Air Rendaman Tempe Sebagai Biolistrik Dengan Variasi Media Lekat Bioball Menggunakan MFC (Microbial Fuel Cell)*. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Prodi D3 Petro dan Oleo Kimia. Politeknik Negeri Samarinda
- Roselle Angela G. Torres, C., C. Espiritu, R., James Z. Doydoy, N., Askenez S. Deocares, J., Jay P. Saldo, I., & Jade P. Dandoy, M. (2023). Electric Generation Capacities of Three Varieties of Banana Peel Using Microbial Fuel Cell. *World Journal of Agricultural Research*, 11(2), 39–43. <https://doi.org/10.12691/wjar-11-2-1>
- Rosyadi, F. A., Laily, E. N., Sitoresmi, S., & Yushardi, Y. (2017). Pemanfaatan Alga Hijau Sebagai Biokatoda Pada Pmfc (Photosynthetic Microbial Fuel Cell). *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 4–8. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i1.837>
- Ugochukwu Chibueze, O. (2018). Application of Different Organic Wastes for Electricity Generation by Means of Double Chambered Microbial Fuel Cell Technology. *Frontiers in Environmental Microbiology*, 4(4), 94. <https://doi.org/10.11648/j.fem.20180404.11>
- Utami, L., Lazulva, L., & Fatisa, Y. (2019). Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca* L.) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells Dengan Permanganat Sebagai Katolit. *Al-Kimiya*, 5(2), 62–67. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3833>
- Widyasari, E., Farel, F., Ghifari, A., Hartono, A. R., Al, S. M. P., & Syifa, A. (2018). Teknologi Pemurnian Udara *Ceratophyllum demersum* untuk Mengatasi Sick Building Syndrome *Ceratophyllum demersum* Air Purification Technology to Solve Sick Building Syndrome. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 755–759. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/33340/21954>