

# POTENSI BAKAU SEBAGAI ENERGI LISTRIK ALTERNATIF MENGUNAKAN METODE *PLANT MICROBIAL FUEL CELL* DI KOTA TARAKAN

Jordan Christian<sup>1</sup>, Fitriani<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> PT Tarakan Elektrik Brother's, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

<sup>2</sup> Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

<sup>1</sup> jchristian451@gmail.com

<sup>2</sup> fitrianiubt22@gmail.com, fitriani@borneo.ac.id

**Abstract**—The need for electrical energy continues to increase every year. This is inversely proportional to the availability of fuel, which decreases every year. Therefore, it is needed a new breakthrough to overcome the energy crisis in the future. In Tarakan City, there is a mangrove forest area that has a lot of microorganisms which can produce electrical energy if it is explored properly. Plant-Microbial Fuel Cell (P-MFC) is a technology for generating electricity by utilizing plants and bacteria in the soil. In the study, the plants used were mangroves in which the data were collected for 12 days. Anode and cathode applied were carbon and zinc which were connected to a multimeter to measure the value of current and voltage. The highest power obtained in the study was 137.19 mW and the lowest power was 9.44 mW. The result obtained were strongly influenced by the weather conditions. It was expected that P-MFC could be used as an alternative energy in terms of electricity generation.

**Keywords**—Renewable energy, mangroves, plant-microbial fuel cell (P-MFC).

**Intisari**—Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat tiap tahunnya. Hal tersebut berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakar yang tiap tahun jumlahnya semakin berkurang. Maka diperlukan sebuah terobosan baru guna mengatasi krisis energi di masa yang akan datang. Di Kota Tarakan, terdapat kawasan hutan mangrove yang banyak menyimpan mikroorganisme yang bila dimanfaatkan dengan baik dapat menghasilkan energi listrik. Plant-Microbial Fuel (P-MFC) merupakan teknologi pembangkitan listrik dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri dalam tanah. Dalam penelitian ini, tanaman yang digunakan ialah tanaman bakau dimana pengambilan data dilakukan selama 12 hari. Anoda dan katoda yang digunakan yaitu karbon dan seng yang dihubungkan ke multimeter untuk mengukur nilai arus dan tegangan. Daya tertinggi yang diperoleh dalam penelitian ini sebesar 137.19 mW dan daya terendah diperoleh sebesar 9.44 mW. Hasil yang didapatkan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Diharapkan melalui penelitian ini, P-MFC dapat digunakan sebagai energi alternatif dalam hal pembangkitan listrik.

**Kata Kunci**— Energi terbarukan, Tanaman bakau, Plant-Microbial Fuel Cell.

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat tiap tahunnya seiring dengan

berkembangnya teknologi yang bertujuan untuk mempermudah aktifitas manusia. Meningkatnya kebutuhan energi listrik berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakar yang jumlahnya tiap tahun semakin berkurang. Energi alternatif merupakan istilah yang merujuk pada energi yang dapat menggantikan bahan bakar konvensional.

Energi alternatif memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan energi konvensional antara lain sifatnya yang dapat diperbarui, jumlahnya yang tidak terbatas dan juga ramah terhadap lingkungan. Salah satu energi alternatif ialah teknologi Plant-Microbial Fuel Cell (P-MFC). Plant-Microbial Fuel Cell merupakan metode dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri untuk menghasilkan listrik. P-MFC membuat proses yang terjadi secara alami pada sekitar akar tanaman secara langsung mampu menghasilkan listrik [1].

## II. LANDASAN TEORI

### A. Energi terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, tidal, angin, sungai, panas bumi, tumbuhan, kotoran hewan dan sebagainya. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan perlu dikembangkan mengingat peran dan harga BBM terus meningkat dan melambung tinggi sebagai pengganti untuk penyedia energi yang berkelanjutan. Energi terbarukan diharapkan dapat mengatasi krisis energi dimasa yang akan datang.

### B. *Plant Microbial Fuel Cell*

Plant-Microbial Fuel Cell merupakan metode yang memanfaatkan bakteri untuk menghasilkan listrik. Saat proses fotosintesis, tanaman akan mengeluarkan material yang tidak terpakai. Material tersebut akan dilepaskan ke tanah dan ditangkap oleh bakteri tanah yang kemudian diurai lagi membentuk energi listrik. Proses penguraian (degradasi) tersebut menghasilkan elektron dalam tanah. Untuk menangkap elektron tersebut perlu menempatkan sebuah elektroda di dekat akar tanaman (bakteri tanah) sehingga dapat dihasilkan listrik. P-MFC membuat proses

yang terjadi secara alami pada sekitar akar tanaman secara langsung akan mampu menghasilkan listrik.

Menurut Helder [2], P-MFC sebagai teknologi pembangkitan listrik memiliki banyak kegunaan. Seseorang dapat mengaplikasikan teknologi P-MFC dengan bermacam-macam ukuran dan skala. Beberapa contohnya ialah:

1. Listrik atap hijau: menggabungkan produksi listrik dengan atap yang menggunakan rerumputan hijau.
2. Produksi listrik di persawahan: menggabungkan produksi listrik dan produksi pangan.
3. Produksi listrik di lahan basah alami: menggabungkan produksi listrik dengan konservasi alam

P-MFC dipandang sebagai teknologi yang inovatif karena menghasilkan listrik dengan cara yang sama sekali baru.

#### C. Elektroda

Elektroda sendiri terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini dikarenakan elektroda tersebut dialiri arus listrik sebagai sumber energi dalam pertukaran elektron. Konsep dari elektrokimia didasari oleh reaksi redoks (reduksi-oksidasi) dan larutan elektrolit. Reaksi redoks merupakan gabungan dari reaksi reduksi dan juga reaksi oksidasi yang terjadi secara bersamaan. Reaksi reduksi merupakan peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar pada sel elektrokimia [3].

#### D. Tanaman

Adapun tanaman yang digunakan dalam penelitian ini ialah tanaman bakau. Tanaman bakau merupakan tanaman yang banyak ditemui di daerah pesisir pantai yang berlumpur. Khususnya di Kalimantan, tanaman bakau sangat mudah dijumpai di pinggiran sungai, daerah pertambakan dan disepanjang pesisir pantai. Di Kota Tarakan sendiri terdapat beberapa tempat yang menjadi kawasan konservasi mangrove yang menjadi habitat tumbuhnya tanaman bakau. Bakau menjadi tempat tinggal bagi beberapa spesies hewan seperti kepiting, kerang, udang dan ikan-ikan kecil. Tanaman bakau memiliki batang yang keras yang dapat tumbuh mencapai ketinggian 20–30 m.

#### E. Daya dan power density

Dalam mengukur besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh P-MFC digunakan multimeter untuk mengukur tegangan dan arus. Data yang berupa kuat arus dan tegangan akan diolah menjadi nilai daya melalui persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$P(mW) = V(mV) \times I(mA) \quad (1)$$

Ket:

- P = Daya (mW)  
I = Arus (mA)  
V = Tegangan (mV)

Selanjutnya dilakukan perhitungan power density. Power density atau kerapatan daya merupakan besar daya yang dapat diperoleh dari per-satuan luas permukaan

elektroda [4]. Adapun persamaan kerapatan daya sebagai berikut.

$$Pd(mW/m^2) = \frac{I(mA) \times V(V)}{A(m^2)} \quad (2)$$

Ket:

- Pd = Power density (Kerapatan daya) (mW/m<sup>2</sup>)  
I = Arus (mA)  
V = Tegangan (mV)  
A = Luas permukaan anoda (m<sup>2</sup>)

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi penelitian

Penelitian berlokasi di Kawasan Konservasi Hutan Mangrove PT. Idec Abadi Wood Industries dan Hutan bakau di sekitar sungai bengawan dengan memilih salah satu pohon sebagai sampel penelitian.

#### B. Alat dan bahan yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

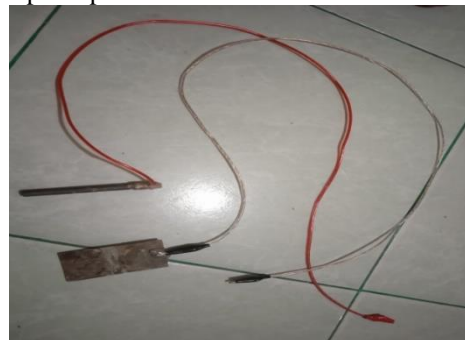
1. Multimeter digital DT-9205A
2. Elektroda karbon
3. Elektroda seng
4. Kabel
5. Resistor 1K  $\Omega$
6. Penjepit buaya

Bahan yang digunakan ialah:

1. Pohon bakau

#### C. Persiapan alat P-MFC

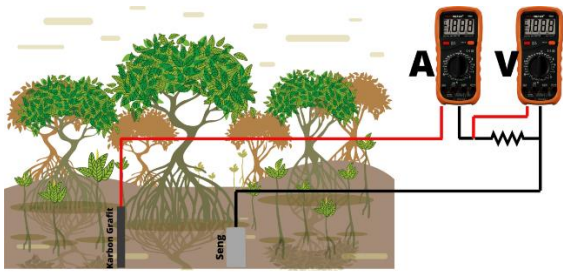
Perakitan alat dimulai dengan menyiapkan 2 buah elektroda yakni karbon grafit dan seng. Masing-masing elektroda disambungkan pada masing-masing kabel yang diujungnya telah terpasang penjepit buaya. Pada bagian sambungan dengan elektroda dilapisi lem tembak untuk mencegah kebocoran arus sehingga penyerapan elektron hanya terpusat pada elektroda.



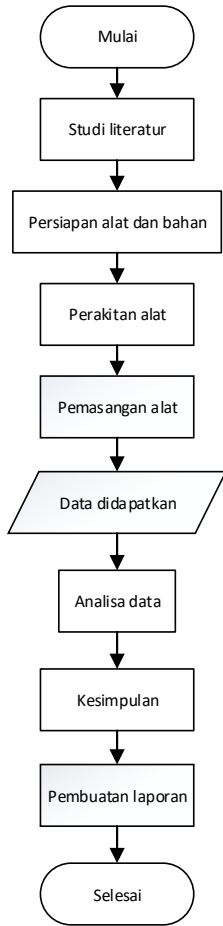
Gambar 1. Model elektroda karbon grafit dan seng

#### D. Pengambilan data

Data yang diambil berupa nilai arus dan tegangan yang diukur melalui penjepit buaya yang terhubung pada anoda dan katoda. Pengukuran nilai arus dilakukan menggunakan multimeter pada beban eksternal berupa resistor yang saling terhubung dengan anoda dan katoda [3]. Pengambilan data dilakukan setiap 60 menit sekali selama 10 jam dalam sehari, dari jam 08.00 sampai dengan 17.00. Pengambilan data ini dilakukan selama 12 hari.



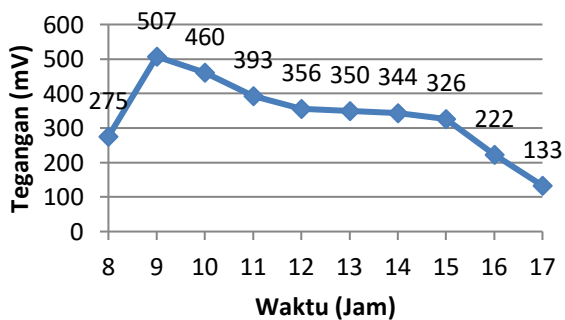
Gambar 2. Rangkaian Plant-Microbial Fuel Cell



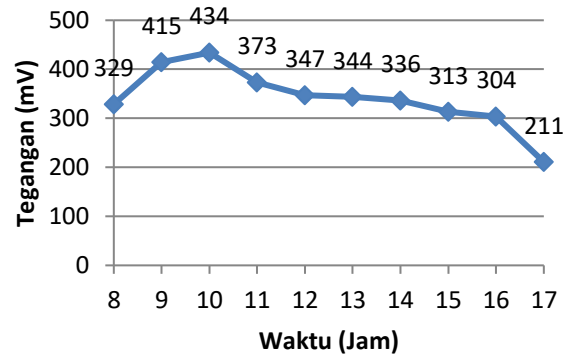
Gambar 3. Diagram alir

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

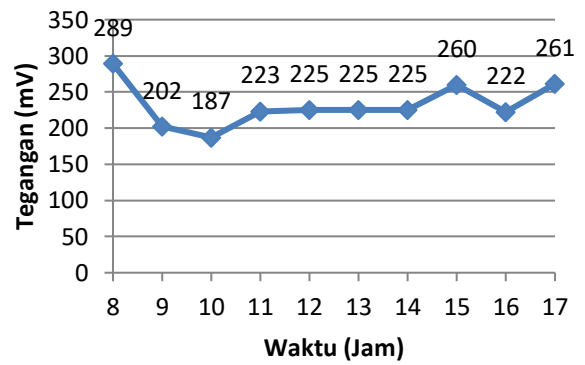
##### A. Hasil pengukuran



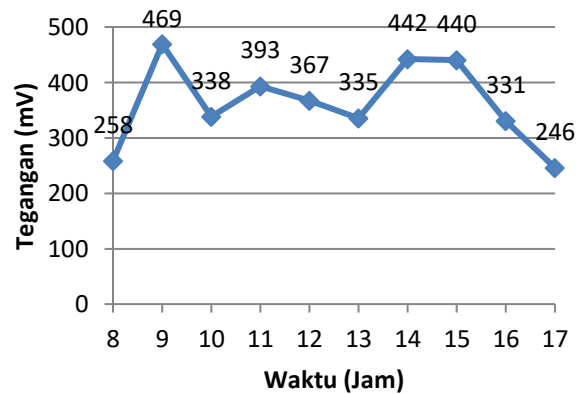
Gambar 4. Grafik tegangan hari 1



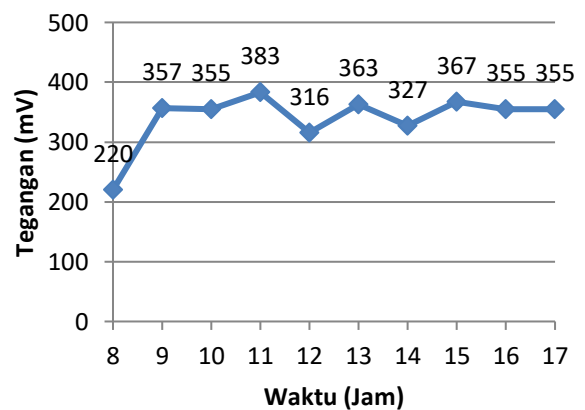
Gambar 5. Grafik tegangan hari 2



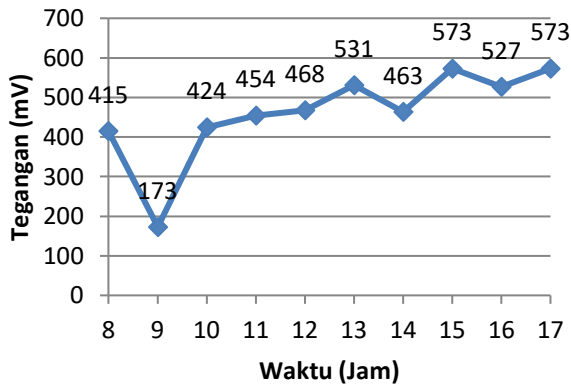
Gambar 6. Grafik tegangan hari 3



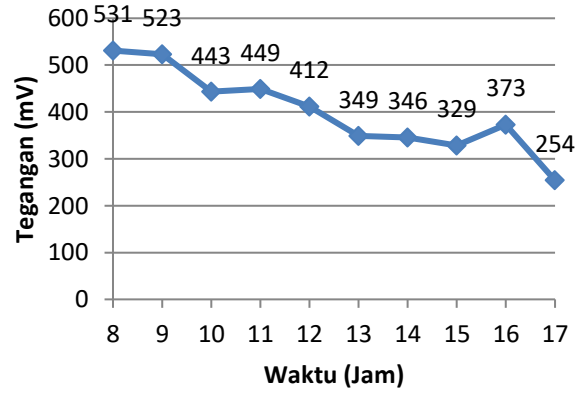
Gambar 7. Grafik tegangan hari 4



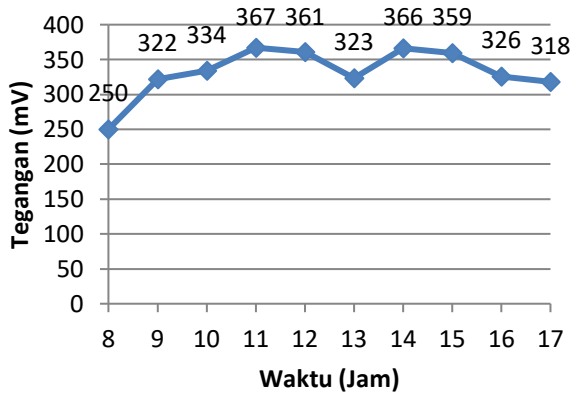
Gambar 8. Grafik tegangan hari 5



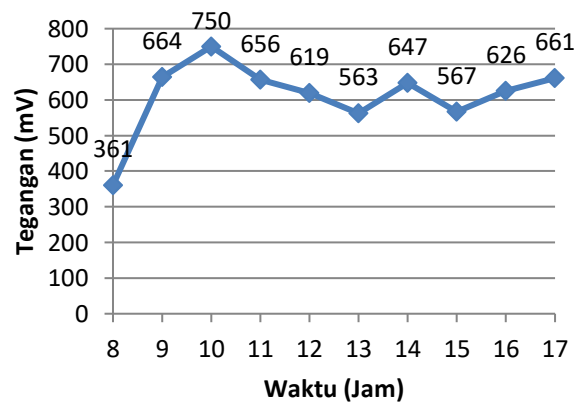
Gambar 9. Grafik tegangan hari 6



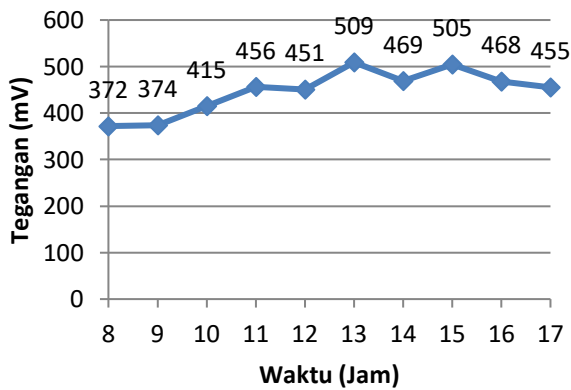
Gambar 13. Grafik tegangan hari 10



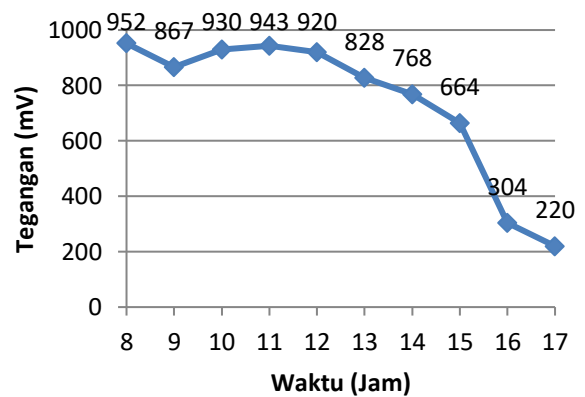
Gambar 10. Grafik tegangan hari 7



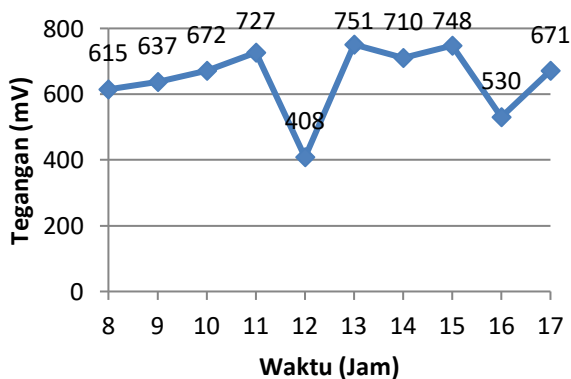
Gambar 14. Grafik tegangan hari 11



Gambar 11. Grafik tegangan hari 8



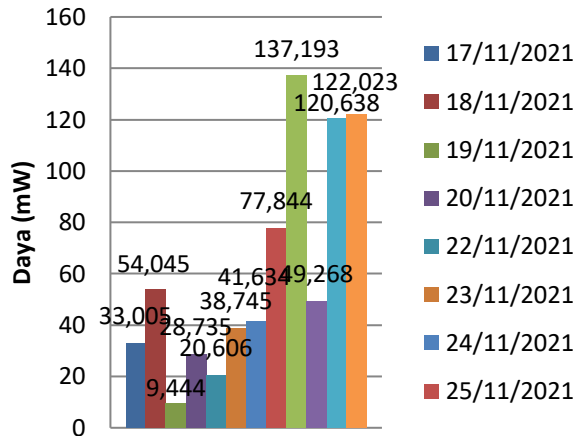
Gambar 15. Grafik tegangan hari 12



Gambar 12. Grafik tegangan hari 9

Nilai tegangan yang terukur cenderung tidak stabil. Nilai tegangan tertinggi didapatkan pada hari ke 12 pukul 08.00 pagi dengan nilai 952 mV dengan kondisi cuaca cerah dan kondisi air laut surut sedangkan nilai tegangan terendah diperoleh pada hari ke 1 pukul 17.00 sore dengan nilai 133 mV dengan kondisi cuaca matahari tertutup awan dan kondisi air laut pasang. Kondisi cuaca sangat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan hal ini dikarenakan proses fotosintesis yang tidak stabil. Cuaca yang cerah cenderung dapat menghasilkan nilai tegangan yang cukup tinggi sedangkan apabila dalam satu hari cuaca mendung sehingga matahari cenderung tidak tampak karena tertutup awan maka nilai tegangan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan saat cuaca cerah.

## B. Daya



Gambar 16. Grafik nilai rata-rata daya per-hari

Rata-rata nilai daya tertinggi diperoleh pada tanggal 26/11/2021 dengan nilai 137.193 mW dimana kondisi cuaca sedang cerah dari pagi sampai dengan sore. Sedangkan rata-rata nilai daya terendah diperoleh pada tanggal 19/11/2021 dengan nilai 9.444 mW dimana kondisi cuaca sempat hujan di pagi hari lalu langit menjadi mendung sepanjang hari dan matahari mulai muncul di sore hari. Daya yang didapatkan masih sangat kecil dan juga belum stabil perkembangan tiap jamnya. Hal ini dipengaruhi oleh penyerapan elektron pada elektroda tidak berlangsung optimal. Kondisi cuaca yang tidak stabil menyebabkan fotosintesis pada tanaman bakau tidak berlangsung baik sehingga pelepasan elektron dari sisa-sisa hasil fotosintesis cenderung tidak stabil.

## C. Power density

Dari keseluruhan pengukuran didapatkan kerapatan daya rata-rata sebesar 233.60 mW/m<sup>2</sup>. Dengan nilai tertinggi sebesar 890.12 mW/m<sup>2</sup> diperoleh pada hari 11 pukul 10.00 dan nilai terendah sebesar 15.46 mW/m<sup>2</sup> diperoleh pada hari 3 pukul 09.00. Rata-rata daya terbesar diperoleh pada hari ke 9 dengan nilai 521.63 mW/m<sup>2</sup> dimana kondisi pada saat itu cerah sepanjang hari dan kondisi air yang sedang surut.

## V. KESIMPULAN

1. Nilai tegangan tertinggi yang diperoleh dalam penelitian ini ialah sebesar 952 mV dengan nilai tegangan terendah sebesar 133 mV.
2. Nilai daya tertinggi yang diperoleh dalam penelitian ini ialah sebesar 137.193 mW dengan nilai daya terendah 9.444 mW.
3. Rata-rata kerapatan daya yang diperoleh keseluruhan selama 12 hari pengukuran ialah sebesar 233.60 mW/m<sup>2</sup> dengan nilai rata-rata kerapatan daya terbesar diperoleh pada hari ke 9 dengan nilai 521.63 mW/m<sup>2</sup>.
4. Tegangan yang dihasilkan dari teknologi Plant-Microbial fuel cell sangat dipengaruhi oleh cuaca. Hal ini dikarenakan tumbuhan memerlukan cahaya matahari untuk dapat berfotosintesis.

## REFERENSI

- [1] Sholikah, U., Alfian, N., Kamaluddin, M., & Prasetyo, D. A. (2019). Sumber energi alternatif rumput vetiver dengan metode plant microbial fuel cell. *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan*, E8–E13.
- [2] Helder, M. (2012). Design criteria for the Plant-Microbial Fuel Cell Electricity generation with living plants – from lab to application.
- [3] Moeksin, R., Shofaudi, M. K., & Warsito, D. P. (2017). Pengaruh Rasio Metanol dan Tegangan Arus Elektrolisis Terhadap Yield Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia No.1, Vol. 23, Januari 2017*
- [4] Alfian, N., Aurelia, M., Mulyanto, K. B., Sholikah, U., & Kunci, K. (2018). Potensi *Syzygium oleina* Sebagai Penghasil Listrik Alternatif Dengan Metode Plant-Microbial Fuel Cell. *9th Industrial Research Workshop and Seminar National*, 420–426. <https://pdfs.semanticscholar.org/6976/ac943ab4c9609c7ca805a0bcd154bcc1e387.pdf>