

## SUMBER ENERGI ALTERNATIF RUMPUT VETIVER DENGAN METODE *PLANT MICROBIAL FUEL CELL*

Umi Sholikah<sup>1</sup>, Nurkholis Alfian<sup>2</sup>, Muhammad Kamaluddin<sup>3</sup>, Dafit Ari Prasetyo<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan<sup>1</sup>  
umisholikah@lecturer.itk.ac.id<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Kalimantan<sup>2</sup>  
04161053@student.itk.ac.id<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan<sup>3</sup>  
07161055@student.itk.ac.id<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Politeknik Negeri Jember<sup>4</sup>  
dafit@polije.ac.id<sup>4</sup>

### ABSTRACT

*Electrical energy is a supporting component of human life. Currently, most of the electrical energy is produced from fossil fuels that cannot be renewed so that alternative energy is needed to replace the energy, one of them is the Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC) method by utilizing vetiver grass. The purpose of this study was to determine the ability of soil bacteria associated with the roots of vetiver plants. The anode and cathode used are carbon and zinc which are then connected to a multimeter so that the resulting voltage and current can be measured. Observations were made at the optimal hours of photosynthesis, namely 6,7,8,9,10, and 11. The measurement results found that the maximum power value with carbon and zinc electrodes was found in the first data at 6 and 7 hours the 1st day of 132,595 mW and the smallest power of 45.54 mW at the 7th day of the 7th day. The size of the power generated is related to environmental temperature, namely temperature, pH, and humidity*

**Keywords:** Power, P-MFC, Vetiver Grass, Carbon, Zinc

### ABSTRAK

Energi listrik merupakan komponen penunjang kehidupan manusia. Saat ini, sebagian besar energi listrik dihasilkan dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui sehingga diperlukan energi alternatif untuk menggantikan energi tersebut, salah satunya dengan metode Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC) dengan memanfaatkan rumput vetiver. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan dari bakteri tanah yang berasosiasi dengan akar tanaman vetiver. Anoda dan katoda yang digunakan yaitu karbon dan seng yang kemudian dihubungkan ke multimeter agar dapat diukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Pengamatan dilakukan pada jam optimal fotosintesis yaitu jam 6,7,8,9,10, dan 11. Hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai daya maksimum dengan elektroda karbon dan seng terdapat pada data ke-1 yaitu pada jam 6 dan jam 7 hari ke-1 sebesar 132.595 mW dan daya terkecil sebesar 45.54 mW pada jam 11 hari ke-7. Besar kecilnya daya yang dihasilkan berkaitan dengan suhu lingkungan yaitu suhu, pH, dan kelembapan

**Kata Kunci:** Daya, P-MFC, Rumput Vetiver, Karbon, Seng

### PENDAHULUAN

Energi alternatif merupakan kebutuhan sebagian besar, khususnya energi listrik. Salah satu penemuan energi terbarukan yang dapat diterapkan di Indonesia adalah Plant-Microbial Fuel Cell atau lebih dikenal dengan singkatan P-MFC yang memanfaatkan bakteri alami tumbuhan untuk menghasilkan listrik. Teknologi ini memungkinkan kita untuk menghasilkan listrik dengan tanaman hidup di setiap lokasi dimana tanaman bisa tumbuh dan banyak tersedia air. Penerapan P-MFC saat ini berada di Belanda melalui perusahaan Plant-e dengan teknologi yang didasarkan pada proses alami dan aman untuk tanaman dan lingkungan. Nobou *et al* (2008) telah melakukan percobaan dengan menggunakan tanaman padi (berakar serabut) dan mendapatkan hasil bahwa akar padi menembus anoda pada graphite felt dan berikatan dengan serat grafit sehingga mendapatkan tinggi output energi listrik (setinggi 0,2-0,3 V).

*Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC) merupakan metode dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri untuk menghasilkan listrik. P-MFC membuat proses yang terjadi secara alami pada sekitar akar tanaman secara langsung akan mampu menghasilkan listrik (Strik *et al.*, 2008). Saat

proses fotosintesis, tanaman akan mengeluarkan material yang tidak terpakai untuk proses fotosintesis. P-MFC membuat proses yang terjadi secara alami pada sekitar akar tanaman secara langsung akan mampu menghasilkan listrik. Tanaman dapat memproduksi bahan organik dari sinar matahari dan CO<sub>2</sub> melalui fotosintesis.

Sekitar 70% dari bahan organik ini berakhir di tanah sebagai bahan humus, akar mati, *lysates*, lendir dan *eksudat*. Bahan organik ini dapat dioksidasi oleh bakteri yang hidup di sekitar akar, melepaskan CO<sub>2</sub>, proton dan elektron. Elektron dihasilkan oleh bakteri ke anoda dari sebuah microbial fuel cell. Anoda digabungkan, melalui beban eksternal ke katoda. Proton yang dikeluarkan di sisi anoda berjalan melalui membran atau spacer menuju katoda. Pada katoda idealnya oksigen berkurang bersama-sama dengan proton dan elektron untuk air (Helder *et al.*, 2012). Elektron ditransfer ke tubuh katodik melalui sirkuit eksternal dan proton ditransfer melewati membran (Lovley, 2008).

Proses dalam menghasilkan listrik pada P-MFC, terjadi secara alamiah di sekitar akar tanaman. Tanaman dapat memproduksi bahan organik dari sinar matahari dan CO<sub>2</sub> melalui fotosintesis. Sekitar 70% dari bahan organik ini berakhir di tanah sebagai bahan humus, akar mati, *lysates*, lendir dan *eksudat*. Bahan organik ini dapat dioksidasi oleh bakteri yang hidup di sekitar akar, melepaskan CO<sub>2</sub>, proton dan elektron. Elektron dihasilkan oleh bakteri ke anoda dari sebuah sel bahan bakar mikroba. Anoda digabungkan, melalui beban eksternal ke katoda. Proton yang dikeluarkan di sisi anoda berjalan melalui membran atau spacer menuju katoda (Helder *et al.*, 2012). Dengan memanfaatkan kondisi geografis Indonesia dengan kondisi tanah yang subur dan berpotensi untuk ditanami tanaman, maka diharapkan Plant-Microbial Fuel Cell juga dapat diterapkan sebagai penunjang energi baru dan terbarukan di Indonesia.

Plant-Microbial Fuel Cell (P-MFC) merupakan metode dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri untuk menghasilkan listrik. P-MFC membuat proses yang terjadi secara alami pada sekitar akar tanaman secara langsung akan mampu menghasilkan listrik. Tanaman dapat memproduksi bahan organik dari sinar matahari dan CO<sub>2</sub> (Helder *et al.*, 2012). Melalui fotosintesis, sekitar 70% dari bahan organik ini berakhir di tanah sebagai bahan humus, akar mati, *lysates*, lendir dan *eksudat*. Bahan organik ini dapat dioksidasi oleh bakteri yang hidup di sekitar akar, melepaskan CO<sub>2</sub>, proton dan elektron. Elektron dihasilkan oleh bakteri ke anoda dari sebuah sel bahan bakar mikroba. Anoda digabungkan melalui beban eksternal ke katoda. Proton yang dikeluarkan di sisi anoda berjalan melalui membran atau spacer menuju katoda. Pada katoda, idealnya oksigen berkurang bersamaan dengan proton dan elektron untuk air (Helder *et al.*, 2012).

Melihat kondisi geografis Indonesia dinilai tanahnya sangat subur dan cocok untuk pertumbuhan tanaman salah satunya adalah rumput vetiver. Rumput vetiver tahan terhadap variasi cuaca (temperatur -14°C sampai 55°C) dengan daya adaptasi yang tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan. Rumput vetiver memiliki akar yang mampu menembus tanah ± 15 cm dan sangat efektif dalam mengontrol erosi dan sedimentasi tanah, konservasi air, serta stabilisasi dan rehabilitasi lahan sehingga dirasa sangat tepat digunakan sebagai obyek dalam P-MFC untuk menghasilkan energi terbarukan yang ramah lingkungan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan, diantaranya yaitu pot plastik, multimeter digital, kabel, penjepit buaya, soil moisture meter digital, PH meter, termometer, lem tembak, rumput vetiver, tanah, elektroda karbon, elektroda seng, dan aluminium foil.

### **Preparasi Elektroda**

Elektroda yang digunakan yaitu karbon dan seng digunakan sebagai anoda dan katoda dimana anoda diletakkan di dalam tanah dan katoda diletakkan di permukaan.

### **Substrat**

Substrat yang harus disiapkan dalam penelitian ini terdiri dari tanah dan tanaman percobaan. Tanah digunakan sebagai substrat dalam percobaan ini karena tanah merupakan media yang kaya akan nutrisi bagi tanaman dan didalamnya juga mengandung mikroorganisme.

### **Perpindahan Elektron**

Oksigen berpengaruh besar dalam posisi elektroda. Oksigen berfungsi sebagai penerima elektron dalam percobaan ini, karena katoda ditempatkan di atasnya permukaan tanah untuk memanfaatkan oksigen atmosfer. Katoda terkena udara bebas, menghasilkan *power density* yang cukup tinggi karena ketersediaan oksigen yang melimpah. Hal ini tergantung langsung pada ketersediaan oksigen murni pada katoda yang mungkin diproduksi oleh biofilm fotosintesis dan menggunakan oksigen atmosfer. Oksigen yang dihasilkan oleh fotosintesis bisa empat kali lebih besar dari oksigen yang diproduksi oleh metode aerasi konvensional.

### **Persiapan alat P-MFC**

Penelitian ini menggunakan sistem Single Chamber untuk meningkatkan efisiensi P-MFC. Sistem single chamber merupakan metode yang sederhana yaitu dengan memanfaatkan pot berdiameter 15 cm dan panjang 10 cm. Elektroda dipasang dibagian dalam tanah (anoda) dan di bagian permukaan tanah (katoda). Masing-masing elektroda dihubungkan ke kabel dan caput buaya yang kemudian dihubungkan ke mikrometer.

### **Pengambilan Data**

Kuat arus (I) dan tegangan (V) listrik diukur menggunakan multimeter digital. Untuk pengukuran daya listrik dan diamati pada selang waktu tertentu. Pengambilan data dilakukan setiap 60 menit selama 5 jam pada semua variabel sampel percobaan. Data diambil pada pukul 06.00-11.00 WITA karena waktu tersebut merupakan waktu optimal tumbuhan melakukan proses fotosintesis.

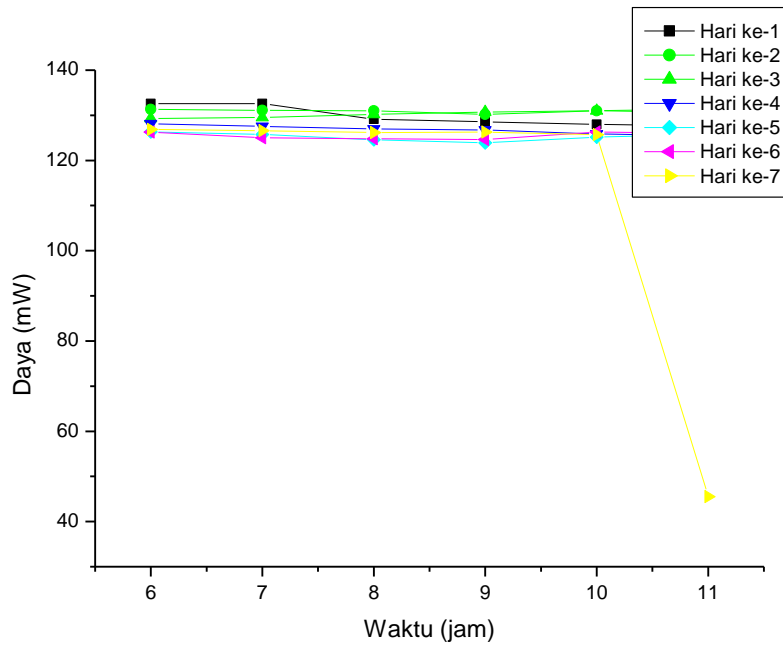
### **Analisis Data**

Data berupa kuat arus (I) dan tegangan (V) akan diolah menjadi daya (P). Arus dihitung berdasarkan dari hukum Ohm seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (1)

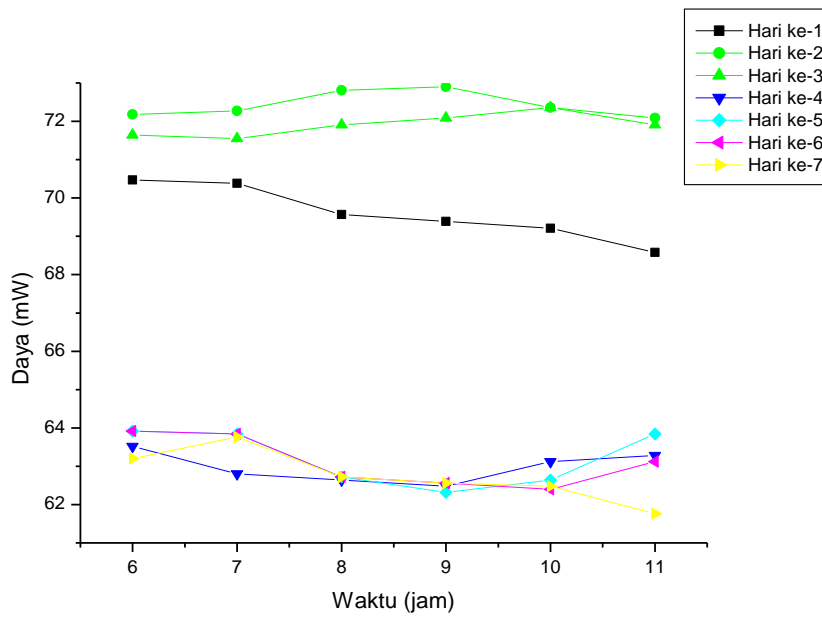
$$P = V \times I \quad (1)$$

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

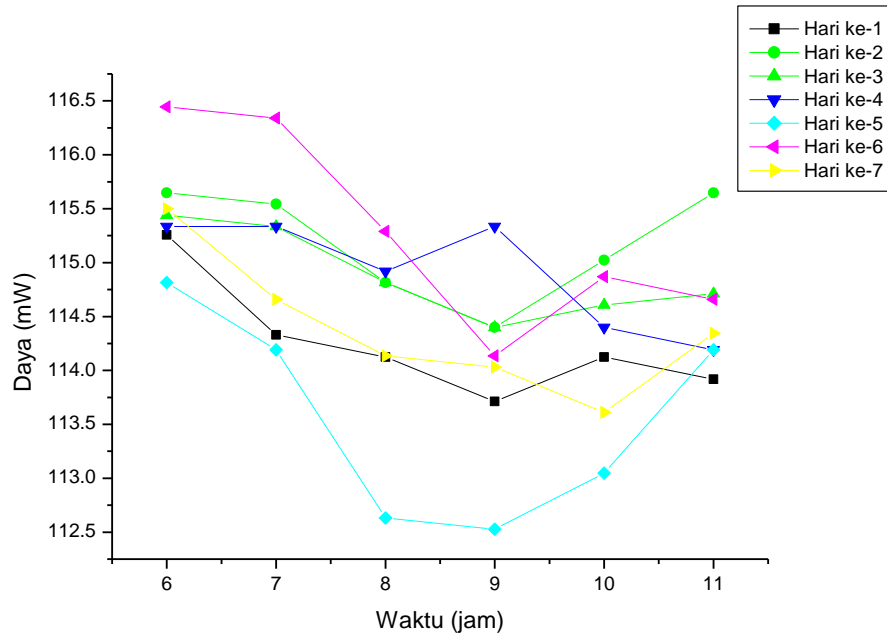
Penelitian ini dengan metode P-MFC digunakan elektroda karbon dan seng. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data sebanyak tiga kali dengan tanaman di pot yang berbeda. Penelitian dilakukan selama satu minggu dengan pengukuran dilakukan setiap sejam sekali yaitu pada pukul 06.00 hingga pukul 11.00 WITA. Parameter lingkungan juga diukur seperti suhu, pH, dan kelembapan rata-rata 27°C, ±7, dan 83%. Hasil pengukuran arus dan tegangan sangat beragam sehingga nilai daya dan tegangan yang dihasilkan juga beragam (Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3).



Gambar 1. Nilai daya selama seminggu dengan menggunakan elektroda karbon dan seng (data 1)



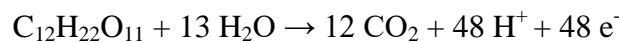
Gambar 2. Nilai daya selama seminggu dengan menggunakan elektroda karbon dan seng (data 2)



Gambar 3. Nilai daya selama seminggu dengan menggunakan elektroda karbon dan seng (data 3)

Gambar 1 merupakan hasil pengukuran daya (P) pada tanaman yang pertama (data 1). Hasil yang didapatkan sangat hampir seragam tinggi, namun ada juga yang dayanya rendah. Nilai daya tertinggi yaitu pada jam 6 dan jam 7 hari ke-1 sebesar 132.595 mW dan daya terkecil yaitu 45.54 mW pada jam 11 hari ke-7. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh aktifitas mikroorganisme dan aktifitas fotosintesis tanaman.

Pengukuran daya pada data ke-2 (Gambar 2) menunjukkan bahwa Nilai daya tertinggi yaitu pada jam 8 hari ke-2 sebesar 72.81 mW dan daya terkecil yaitu 61.76 mW pada jam 11 hari ke-7. Namun untuk data ke-3 (Gambar 3), nilai daya tertinggi yaitu pada jam 6 dan jam 11 hari ke-2 sebesar 115.648 mW dan daya terkecil yaitu 112.528 mW pada jam 9 hari ke-5. Proses yang terjadi dalam menghasilkan listrik adalah proses transfer elektron. Proses transfer elektron merupakan reaksi dasar akan berlangsung di anoda, dimana kompartemen anoda terisolasi berupa ruang lingkup anaerob. karbohidrat berperan penting dalam menyediakan bahan bakar untuk metabolisme mikroorganisme (Logan *et al*, 2006). Pada kompartemen anoda, bakteri yang melakukan fermentasi materi organik melepaskan produk berupa hidrogen dan elektron (Logan, 2008).



Proton dilepaskan, kemudian berdifusi ke bagian katoda melalui membran penukar proton/kation, sedangkan elektron ditransfer ke bagian katoda melalui elektroda. Pada kompartemen katoda yang berupa lingkungan aerob, elektron negatif yang dialirkan melalui sirkuit eksternal dari anoda ke katoda mengalami proses reduksi di katoda dan bergabung dengan ion hidrogen menghasilkan H<sub>2</sub>O. Kedua kompartemen tersebut dipisah oleh *Proton Electrolyte Membrane* (PEM) yang berfungsi sebagai membran pembatas yang hanya mengizinkan ion positif (proton) berupa ion hidrogen dari anoda melewatinya menuju katoda yang kemudian bergabung dengan elektron dan O<sub>2</sub> menjadi air atau hidrogen murni (H<sub>2</sub>O) (Bond *et al*, 2002)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa daya maksimum dengan elektroda karbon dan seng terdapat pada data ke-1 yaitu pada jam 6 dan jam 7 hari ke-1 sebesar 132.595 mW dan daya terkecil sebesar 45.54 mW pada jam 11 hari ke-7. Besar kecilnya daya yang dihasilkan berkaitan dengan suhu lingkungan yaitu suhu, pH, dan kelembapan serta pengaruh dari aktifitas fotosintesis dari tanaman serta aktifitas mikroorganisme.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan pendanaan pada penelitian ini serta beberapa pihak terkait.

## DAFTAR PUSTAKA

- Helder M, Strik D.P.B.T.B, Hamelers H.V.M, Kuijken R.C.P, Buisman C.J.N. *Microbial solar cells: Applying photosynthetic and electrochemically active organisms*. Trends in Biotechnology, vol. 29. No.1 , pp. 41-49. Januari. 2012.
- Strik, D.P.B.T.B.; Hamelers, H.V.M.; Snel, J.F.H. & Buisman, C.J.N. *Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell*. Int. J. Energy, vol. 32, pp. 870-876. Januari. 2008.
- Lovley, D.R., *The microbe electric: conversion of organic matter to electricity*. Current Opinion in Biotechnology, vol. 19 no.6, pp. 564-571. Desember .2008.
- B. E. Logan and J. M. Logan., *Electricity-Producing Bacterial Communities in Microbial Fuel Cells*. Trends Microbiol, vol. 14, pp. 512 Desember. 2006.
- Logan, B. E., *Microbial Fuel Cells*. 1st ed. Wiley & Sons. New Jersey, ISBN: 978-0-470-23948-3. 2008.
- Bond, D.R., Holmes, D.E., Tender, L.M. and Lovley, D.R. *Electrode-reducing microorganisms that harvest energy from marine sediments*. Science, vol. 295, no. 5554, pp. 483-485. Januari. 2002