

ANALISIS PRODUKSI ENERGI LISTRIK PADA MICROBIAL FUEL CELL MENGGUNAKAN SUBSTRAT TONGKOL JAGUNG DENGAN KONTROL SUHU

ANALYSIS OF ELECTRICAL ENERGY PRODUCTION ON MICROBIAL FUEL CELL USING SUBSTRATE OF MAIZE CORN WITH CONTROLLED TEMPERATURE

Rubensio Arigeni¹, M. Ramdhan Kirom², Ahmad Qurthobi³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rubensioarigeni@gmail.com, ²jakasantang@gmail.com, ³qurthobi@gmail.com

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah salah satu sumber energi terbarukan yang menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan arus listrik dengan proses reduksi oksidasi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis hasil dari MFC terhadap perubahan suhu yang bervariasi antara 28 – 30 °C. Sistem dari MFC ini menggunakan reaktor bertipe *dual-chambers* dengan ukuran 5 x 5 x 10 cm yang menjadi kompartemen anoda dan katoda. Kompartemen anoda diisi oleh substrat lumpur dan tongkol jagung sebagai bahan makanan untuk mikroorganisme dan kompartemen anoda diisi oleh elektrolit akuades. Pada kompartemen anoda diberikan wadah yang lebih besar untuk menjadi wadah bagi sumber panas yang memberikan panas pada anoda. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah seng dan tembaga. Arus listrik dalam bentuk elektron ditransfer dari anoda menuju ke katoda dan proton dialirkan melalui jembatan garam yang terbuat dari pilinan sumbu kompor yang direndam pada larutan NaCl (1M). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa energi yang dapat dihasilkan dari skema MFC penelitian ini mampu mencapai 6046,54 mJ pada temperatur 30 °C, dan daya sebesar 0,4199 mW pada temperatur 30 °C. Sedangkan untuk pengukuran tegangan dan kuat arus tidak ada perbedaan yang cukup signifikan dengan tegangan tertinggi sebesar 0,9059 V pada temperatur 30 °C dan kuat arus tertinggi sebesar 0,4679 mA pada temperatur 30 °C. Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa produksi energi listrik tidak terlalu dipengaruhi perubahan suhu yang kurang signifikan dan suhu yang paling baik dihasilkan dengan temperatur 30 °C.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell*, lumpur, kontrol, suhu

Abstract

Microbial Fuel Cell (MFC) is one of the renewable energy sources that uses microorganisms to produce electric current with an oxidation reduction process. This study aims to analyze the results of MFC on changes in temperature that vary between 28-30 ° C. This system of MFC uses a dual-chambers type reactor with a size of 5 x 5 x 10 cm which becomes the anode and cathode compartment. The anode compartment is filled with mud substrate and corn maize as food ingredients for microorganisms and the anode compartment is filled with distilled water electrolytes. In the anode compartment a larger container is provided to become a container for the heat source which gives heat to the anode. The electrodes used in this study were zinc and copper. Electric current in the form of electrons is transferred from the anode to the cathode and the proton is flowed through a salt bridge made of stove wick which is immersed in NaCl (1M) solution. The results of this study indicate that the energy that can be generated from the MFC scheme of this study is able to reach 6046.54 mJ at a temperature of 30 °C, and a power of 0.4199 mW at a temperature of 30 °C. Whereas for voltage and current strength measurements there is no significant difference with the highest voltage of 0.9059 V at a temperature of 30 °C and the highest current strength of 0.4679 mA at a temperature of 30 °C. Based on the results of this study, it can be concluded that the production of electrical energy is not too influential on temperature changes that are less significant and the best temperature is produced with a temperature of 30°C.

Keywords: *Microbial Fuel Cells, mud, control, temperature*

Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan sektor yang paling berpengaruh dalam pertumbuhan ekonomi, dikarenakan sektor pertanian terletak hampir diseluruh wilayah Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 1993 sampai tahun 2015 jumlah panen dari komoditas palawija mengalami kenaikan. Hal ini berdampak dengan makin banyaknya limbah pertanian yang semakin meningkat tiap tahunnya. Limbah pertanian di Indonesia selama ini kurang diolah dengan baik, sebagian besar limbah dibakar yang akan mengakibatkan pencemaran udara dan dibiarkan membusuk untuk dijadikan pupuk. Menurut BPS pada rentang tahun 2010 – 2015 panen dari komoditas jagung daerah Jawa Barat meningkat dari 923.962 ton menjadi 1.101.998 ton atau meningkat sebesar 19% [1]. Kurangnya penanganan limbah jagung yang baik, akan berakibat pada banyaknya limbah hasil pertanian yang akan menimbulkan masalah yang baru

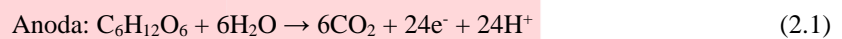
Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menggunakan limbah pertanian sebagai sumber bahan produksi energinya. Dengan campuran substrat yang berasal dari limbah pertanian dapat menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari - hari. Energi yang dihasilkan dari MFC merupakan hasil dari proses kerja bakteri yang berasal dari limbah pertanian itu sendiri yang menghasilkan ion hidrogen (H^+) yang akan digunakan untuk menghasilkan energi listrik [3][5][6].

Dalam penelitian ini kompartemen anoda akan diberikan penambahan panas yang dikontrol menggunakan mikrokontroler. Penelitian ini akan mengamati pengaruh dari perubahan suhu pada substrat terhadap energy yang dihasilkan. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan selama seminggu dan dilakukan pengambilan data tegangan dan kuat arus setiap 4 (empat) jam sekali.

1. Dasar Teori

1.1 Microbial Fuel Cell

Microbial fuel cell (MFC) adalah suatu alat yang menggunakan bakteri sebagai subjek kerja untuk menghasilkan arus listrik. Prinsip kerja MFC adalah memanfaatkan mikroba yang melakukan metabolisme terhadap medium di anoda untuk mengkatalisis perubahan materi organik menjadi energi listrik dengan mentransfer elektron dari anoda ke katoda [4] [7]. Reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda adalah sebagai berikut:



1.2 Elektroda

Elektroda adalah suatu konduktor yang mengakibatkan arus listrik memasuki atau meninggalkan larutan atau media lainnya. Elektroda juga biasa disebut pelat atau kutub. Elektroda terdapat dua jenis yaitu katoda dan anoda. Katoda adalah elektroda dimana muatan negatif memasuki perangkat listrik, sedangkan anoda dimana muatan negatif meninggalkan suatu bahan.

1.3 Jembatan Garam

Jembatan garam berfungsi untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan. Karena konsentrasi larutan elektrolit pada jembatan garam lebih tinggi daripada konsentrasi elektrolit di kedua bagian elektroda, maka ion negatif dari jembatan garam masuk ke salah satu setengah sel yang kelebihan muatan positif dan ion positif dari jembatan garam berdifusi ke bagian lain yang kelebihan muatan negatif. Dengan adanya jembatan garam terjadi aliran elektron yang kontinu melalui rangkaian luar dan aliran ion-ion melalui larutan sebagai akibat dari reaksi redoks yang spontan yang terjadi pada kedua elektroda, sedangkan fungsi agar-agar dalam jembatan garam diantaranya menjaga agar larutan elektrolit di satu bagian elektroda tidak mengalir ke bagian elektroda lainnya saat permukaan kedua larutan elektrolit di kedua elektrolit berbeda[6].

1.4 Energi yang Dihasilkan

Energi yang dihasilkan dari suatu MFC akan bergantung pada bakteri –bakteri yang bekerja pada MFC tersebut dan proses elektrokimia. Perhitungan energi yang dihasilkan oleh MFC adalah keluaran (daya) yang dihasilkan dengan lamanya proses yang terjadi pada MFC dengan rumus:

$$E = P \times t \quad (2.3)$$

Dengan:

P = Daya yang dihasilkan (Watt)
T = Waktu (s)

Daya merupakan perhitungan antara tegangan dengan arus yang dihasilkan

$$P = V \times I \quad (2.4)$$

Dengan:

- V = Tegangan (volt)
- I = Arus (ampere)

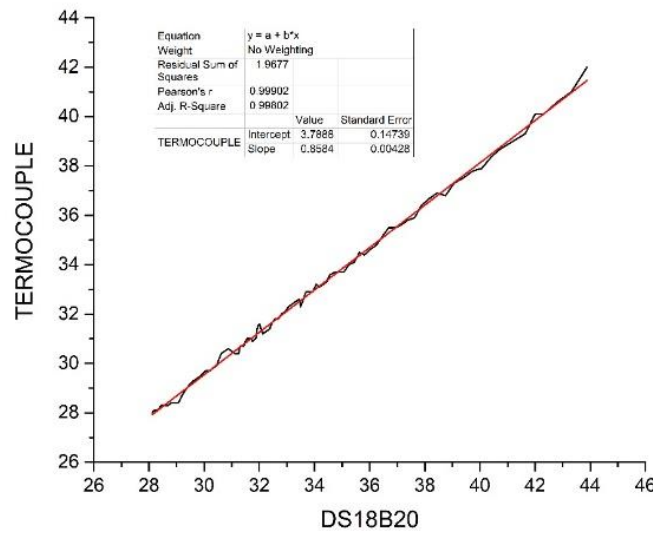
Sedangkan untuk rapat daya merupakan perbandingan antara energi yang dihasilkan dengan luas area penampang elektroda yang digunakan

$$P_d = \frac{P}{A} \tag{2.5}$$

- P_d = Kerapatan Daya (Watt/ m²)
- P = Daya yang dihasilkan (Watt)
- A = Luas area elektroda (m²)

2. Pembahasan

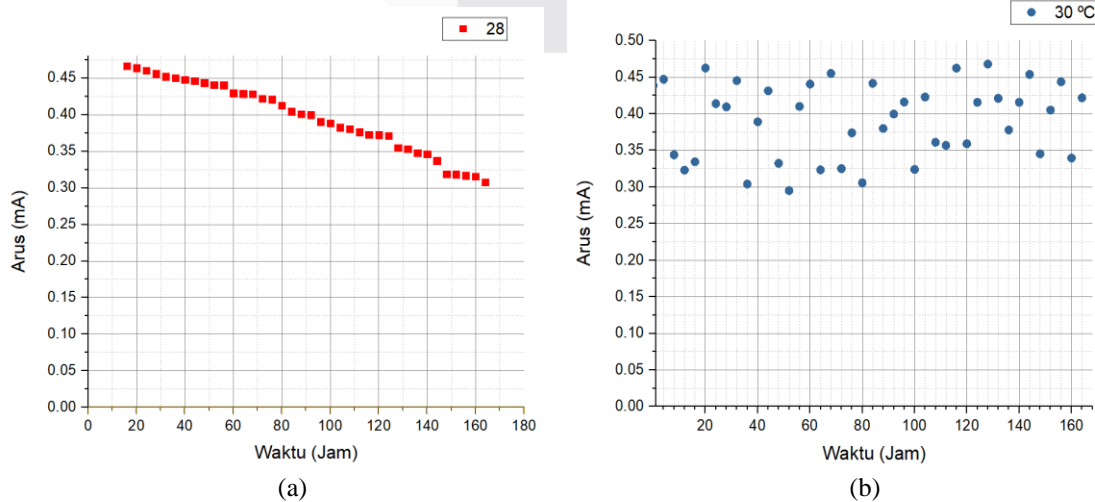
2.1 Kalibrasi Sensor Temperatur

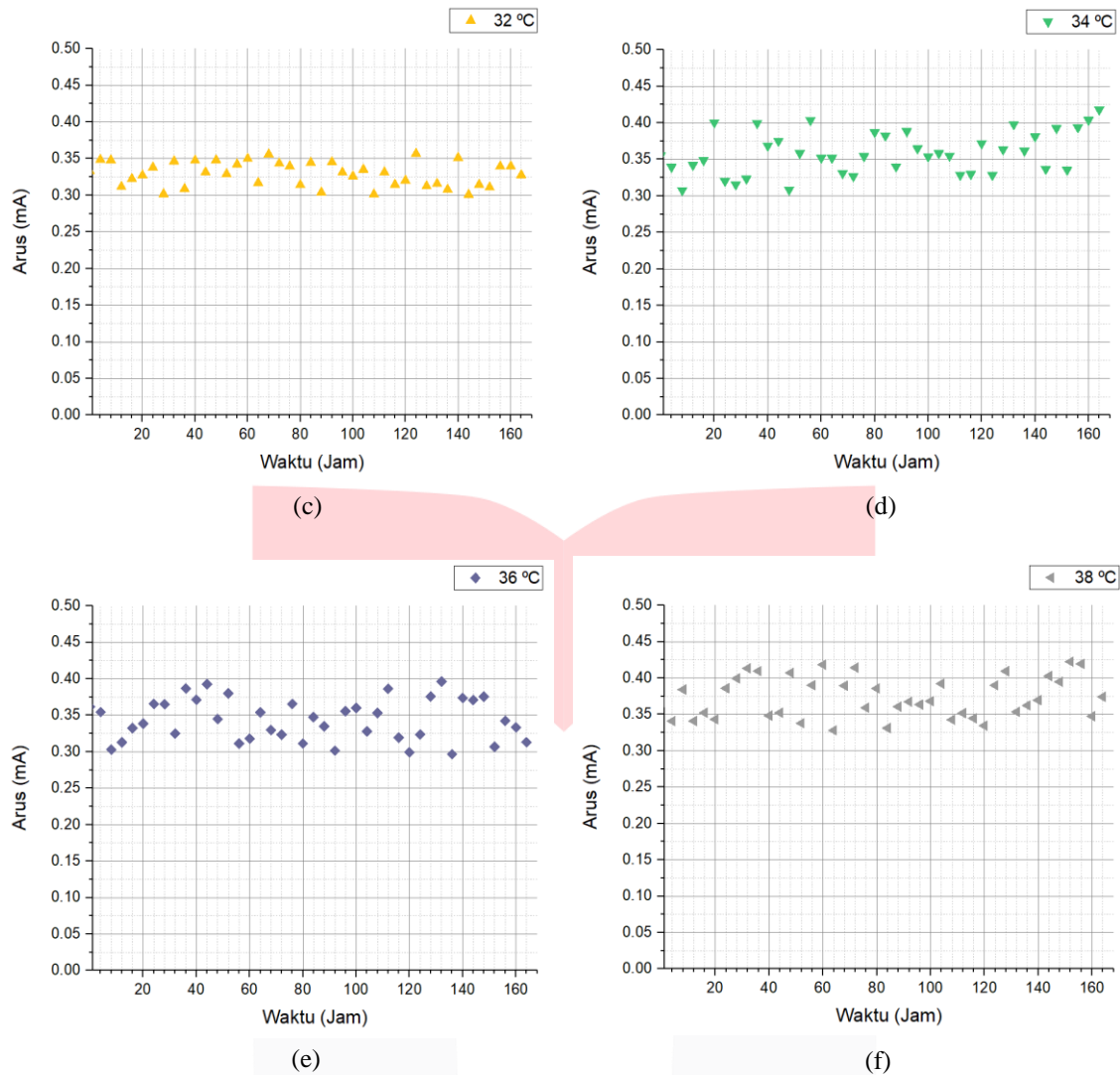


Gambar 2.1 Grafik kalibrasi sensor temperatur dengan *thermocouple*

Sebelum pengujian alat, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pada sensor temperatur. Yaitu dengan cara membandingkan hasil data dari sensor yang digunakan, dengan thermocouple tipe K yang sudah terkalibrasi. Berdasarkan gambar 2.1 dari grafik dapat dilihat bahwa nilai $R^2 \approx 1$. Hal ini menandakan bahwa, sensor temperature yang digunakan untuk penelitian ini layak digunakan karena mendekati nilai liniernya.

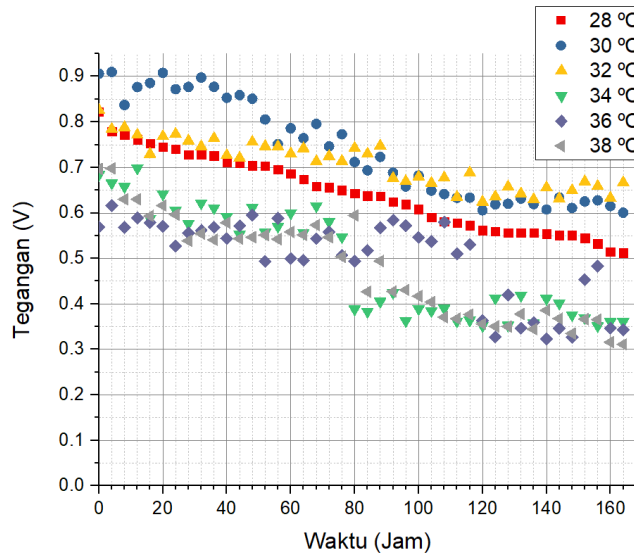
2.2 Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik dan Tegangan Pada Variasi Temperatur





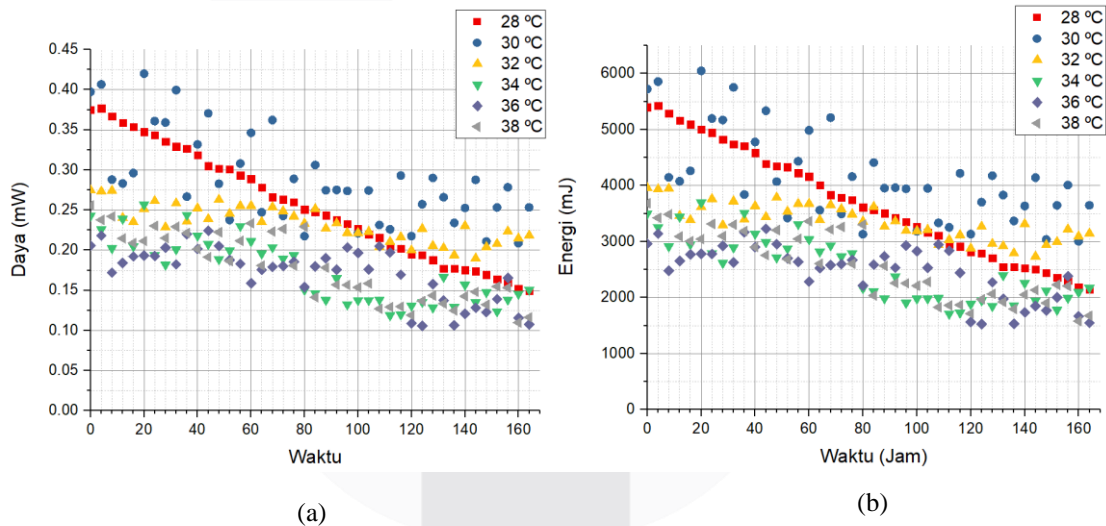
Gambar 2.2 Grafik Kuat Arus Dalam Berbagai Temperatur

Gambar 2.2 merupakan grafik keluaran kuat arus terhadap waktu. Pada Gambar 4.3(a) merupakan grafik kuat arus pada temperatur 28 °C, pada gambar 4.3(b) merupakan grafik kuat arus pada temperatur 30 °C dan merupakan keluaran kuat arus yang paling tinggi hingga mencapai 0,4679 mA. Grafik 4.3(c) merupakan hasil keluaran kuat arus pada temperatur 32 °C, grafik 4.3(d) merupakan grafik keluaran kuat arus pada temperatur 34 °C. Sedangkan pada grafik 4.3(e) grafik keluaran kuat arus terhadap pada temperature 36 °C dan grafik 4.3(f) merupakan grafik keluaran kuat arus terhadap waktu pada temperature 38 °C. Tiap temperatur memiliki kuat arus dalam range yang hampir sama. Keadaan kuat arus pada penelitian ini cenderung konstan dengan kenaikan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan. Grafik yang tidak beraturan menandakan tidak konsistennya ion – ion yang mengalir pada jembatan garam sehingga menyebabkan tidak sempurnanya transfer ion – ion yang menghasilkan listrik.



Gambar 2.3 Grafik Tegangan Dalam Berbagai Temperatur

Dapat dilihat dari gambar 2.2, bahwa tegangan pada skema MFC penelitian ini cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena mikroorganismenya yang berada pada substrat (anoda) sudah kehilangan energi untuk melakukan metabolisme sehingga tegangan yang dihasilkan semakin lama semakin kecil. Tegangan paling besar berdasarkan penelitian ini adalah 0.9059 V pada temperatur 30°C. Penurunan nilai tegangan juga disebabkan oleh semakin tidak efisiensinya kerja dari jembatan garam yang semakin lama konsentrasi NaCl semakin berkurang.



Gambar 2.4 (a) Grafik Daya Dalam Berbagai Temperatur. (b) Grafik Energi Dalam Berbagai Temperatur

Untuk nilai energi terbesar cenderung dihasilkan pada keadaan 30 °C yaitu 6046,5 mJ. Hal ini disebabkan karena faktor tegangan yang dihasilkan pada temperatur tersebut merupakan yang paling besar. Untuk daya paling besar berada pada temperatur 30 °C dengan nilai 0,4199 mW dengan Luas area yang digunakan pada penelitian ini adalah luas area dari elektroda yang digunakan yaitu 10 cm².

3. Kesimpulan

Dari Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *Microbial Fuel Cell* dengan substrat lumpur dengan tambahan bongkol jagung dan dengan variasi temperatur, mampu menghasilkan energi hingga 6046,54mJ pada temperature 30 °C, dan daya maksimum juga didapat pada temperatur 30 °C sebesar 0,4199 mW. Pengaruh temperature pada *Microbial Fuel Cell* tidak terlalu memberikan dampak yang signifikan, hal tersebut dikarenakan keadaan temperatur mesofili yaitu 30 – 40 °C

4. Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, Produksi Jagung Menurut Provinsi (ton), 1993-2015, <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/868> diakses 5 Maret 2018.
- [2] Hai-Liang Song, Ying Zhu, Jie Li. (2013). *Elektron transfer mechanisms, characteristics and applications of biological cathode microbial fuel cells – A mini review*. 2015 King Saud University.
- [3] Santoro, C; Arbizani, C; Erable, B. (2017). *Microbial fuel cells: From fundamentals to applications. A review*. 2017 Elsevier *Jurnal of Power Source*.
- [4] Cheng, Liu. 2006. *Increased performance of single-chamber microbial fuel cells using and improved cathode structure*. *Electrochemistry Communications*.
- [5] Kalia, V.C; Kumar, P. (2017) *Microbial Applications Vol.1, Bioremediation and Bioenergi*. 2017 Springer CSIR-Institute of Genomics & Integrative Biology, New Delhi, India.
- [6] Rahimnejad, M; Adhami, A; Darvari, S; Zirepour, A; Sang-Eun Oh. (2015). *Microbial Fuel Cell as New Technology for Bioelectricity generation: A Review*. Elsevier Alexandria Engineering Journal.
- [7] Logan and Regan. (2006). *Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells*. *TRENDS in Microbiology*.
- [8] Sofyatiningrum, Ety. 2001. *Sains Kimia SMA/MA KELAS XII*. Jakarta: Bumi Aksara.