

## ANALISIS PENGARUH SUHU TERHADAP PRODUKSI LISTRIK PADA SISTEM MFC DUAL CHAMBER DENGAN SUBSTRAT LIMBAH KULIT PISANG

### *ANALYSIS EFFECT OF TEMPERATURE TO ELECTRICAL PRODUCTION ON MFC DUAL CHAMBER SYSTEM USING BANANA WASTE SUBSTRATE*

Ilman Farizki<sup>1</sup>, M. Ramdhan Kirom<sup>2</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>ilmanfarizki@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>mramdlankirom@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>qurthobi@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

*Microbial Fuel Cell (MFC)* merupakan salah satu teknologi sumber energy terbarukan yang sedang berkembang saat ini. MFC memanfaatkan metabolisme bakteri pada substrat untuk menghasilkan listrik. Pada penelitian kali ini, substrat yang digunakan adalah campuran antara lumpur sawah dan limbah kulit pisang. Fokus pada penelitian kali ini adalah mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap substart terhadap produksi listrik pada MFC. Sistem MFC yang akan digunakan adalah sistem *dual chamber* dengan ukuran sama setiap chambernya yaitu 5cm x 5cm x 10cm. kedua chamber ini akan disambungkan dengan jembatan garam yang terbuat dari sumbu kompor yang sudah dipilin, dan direndam dalam larutan NaCl dengan konsentrasi sebesar 1 Molar. Elektroda yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan plat seng (Zn) dan tembaga (Cu) dengan ukuran 5x2 cm dengan ketebalan masing-masing 0.2 mm. Variasi suhu pada penelitian ini adalah suhu ruangan (22°C-26°C), 30°C, 33°C, 37°C. Setiap variabel suhu itu akan agar tetap pada *set-point* dengan menggunakan mikrokontroler, sensor suhu, relay dan *heater*. Penelitian menunjukkan bahwa MFC *dual chamber* dengan substrat campuran dari lumpur sawah dan limbah kulit pisang menghasilkan keluaran listrik yang berbeda dari tiap variasi suhunya. MFC dengan variasi suhu 30°C dapat menghasilkan tegangan terbaik yaitu 1 V, walaupun arusnya cenderung kecil, sementara arus terbaik dihasilkan oleh variasi 30°C dengan hasil 0.26°C, setelah mendapatkan data tegangan dan arus, akan dicari data hambatan untuk men getahui seberapa besar hambatan dalamnya. Variansi suhu 33°C pun mempunyai hambatan dalam terbesar dengan nilai 37.056 kΩ. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa suhu mempengaruhi hasil produksi listrik MFC *dual chamber* dengan substrat campuran lumpur sawah dan limbah kulit pisang.

Kata kunci : *Microbial Fuel Cell, dual chamber, energi, suhu, lumpur sawah, limbah kult pisang.*

#### Abstract

*Microbial Fuel Cell (MFC)* is a renewable energy source technology that is currently being developed. MFC utilizes bacterial metabolism in the substrate to generate electricity. In this research, the substrate used is a mixture of rice lumpur and banana peel waste. The focus of this research is to determine the effect of temperature changes on the substart on electricity production in MFC. The MFC system that will be used is a dual chamber system with the same size for each chamber, namely 5cm x 5cm x 10cm. The two chambers will be connected to a salt bridge made of a twisted stove axis and immersed in a NaCl solution with a concentration of 1 Molar. The electrodes that will be used in this research are zinc (Zn) and copper (Cu) plates with a size of 5x2 cm with a thickness of 0.2 mm each. The temperature variations in this study were room temperature (22 ° C-26 ° C), 30 ° C, 33 ° C, 37 ° C. Each temperature variable will remain at the

*set point using a microcontroller, temperature sensor, relay and heater. The study showed that dual chamber MFC with a mixed substrate of rice field mud and banana peel waste produced a different electrical output for each temperature variation. MFC with a temperature variation of 30 ° C can produce the best voltage, which is 1 V, although the current tends to be small, while the best current is produced by a variation of 30 ° C with a result of 0.26 ° C, after getting the voltage and current data, the resistance data will be searched to find out how much big obstacle inside. The temperature variant of 33 ° C also has the largest internal resistance with a value of 37,056 kΩ. From this research it can be concluded that temperature affects the electricity production of dual chamber MFC with a mixed substrate of rice field mud and banana peel waste.*

**Keywords:** *Microbial Fuel Cell, dual chamber, energy, temperature, rice field mud banana waste substrate.*

## 1. Pendahuluan

Indonesia termasuk salah satu penghasil pisang terbesar di Asia, dan setiap tahun produksinya meningkat, dengan bertambahnya produksi pisang, maka bertambah juga limbah kulit pisang yang dihasilkan. Limbah kulit pisang ini dapat dihasilkan dari berbagai sektor, yang dominan berasal dari industri makanan. Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah buah pisang) yang cukup banyak jumlahnya. Menurut Basse (2000) jumlah kulit pisang adalah 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Produksi pisang di Indonesia pada tahun 2011 mencapai 6.189.052 Ton, sedangkan produksi pisang di Lampung pada tahun 2011 mencapai 687.761 Ton (BPS, 2012). Dilihat dari jumlah produksi pisang di Indonesia maka jumlah kulit pisang mencapai 2.063.017 ton/tahun. Pada umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata dan hanya dibuang sebagai limbah organik saja atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau. Jumlah kulit pisang yang cukup banyak akan memiliki nilai jual yang menguntungkan apabila bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku makanan (Susanti, 2006)[1]. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah kurang baiknya pengelolaan limbah kulit pisang, sehingga limbah pisang tidak dapat dimanfaatkan dengan baik dan menimbulkan berbagai masalah lingkungan, seperti masalah kesehatan, pencemaran lingkungan bahkan bencana banjir. Setelah melihat fakta diatas, seharusnya pengelolaan limbah pisang dapat dilakukan dengan baik agar dapat meminimalisir dampak limbah tersebut.

Limbah kulit pisang ini belum banyak dimanfaatkan, padahal limbah kulit pisang ini mengandung lemak, protein dan karbohidrat yang cukup tinggi [2]. Karbohidrat ini dapat dimanfaatkan sebagai substrat makanan bagi mikroorganisme untuk menghasilkan listrik menggunakan teknologi *microbial fuel cells*. *Microbial fuel cells* merupakan suatu metode yang dapat mengubah energi kimia pada senyawa organik menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari *microbial fuel cells* ini menggunakan mikroba pada substrat limbah pisang. Penelitian *microbial fuel cells* dengan menggunakan limbah pisang yang dilakukan penulis di latar-belakangi oleh menumpuknya limbah pisang berlebih dilingkungan sekitar penulis. Dengan memanfaatkan limbah kulit pisang sebagai substrat utama, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah kulit pisang, dan memanfaatkannya sebagai substrat untuk produksi energi listrik untuk teknologi *microbial fuel cell*. Pada penelitian kali ini menggunakan sistem *dual chamber*, dimana sistem ini menggunakan jembatan garam sebagai pemisah anoda dan katoda. Anoda yang merupakan tempat bakteri untuk regenerasi, dan juga tempat berlangsungnya oksidasi. Pada sisi katoda terdapat larutan elektrolit dan juga terjadi proses reduksi. Anoda dan Katoda dipisahkan jembatan garam yang berfungsi sebagai membran penukar proton [3].

Pada penelitian kali ini, dilakukan dengan cara mengontrol kondisi suhu agar tetap pada *set point* yang ditentukan, agar kita dapat mengetahui suhu optimal kinerja bakteri hasil percampuran substrat kulit pisang dan lumpur dengan menggunakan sistem *dual chamber*. Reaktor yang digunakan sebaiknya tidak mengalami kebocoran air maupun udara sehingga dapat mempertahankan suhunya. Diharapkan dengan metode mengontrol suhu substrat, dapat menemukan suhu optimum dari substrat, dan keluaran energi listrik lebih baik.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Microbial Fuel Cell

*Microbial fuel cell* atau lebih dikenal dengan sebutan MFC adalah sebuah teknologi untuk menghasilkan energi listrik, dengan cara merubah energi kimia menjadi energi listrik dengan

bantuan mikroba, dalam prosesnya bakteri berperan sebagai *katalis* [4]. Pada penelitian kali ini sistem MFC yang digunakan adalah sistem *dual chamber*. Umumnya sistem dual chamber terdiri dari anoda, katoda, jembatan garam, elektroda, dan sirkuit listrik. Dalam Anoda terdapat substrat dan bakteri sebagai katalis. Sisi kanan yaitu ruang Katoda yang merupakan tempat terjadinya reduksi. Dalam Katoda ini terdapat larutan elektrolit. Kedua ruang tersebut dipisahkan oleh jembatan garam yang berfungsi sebagai membran penukar proton [5]. Pada penelitian ini dengan berfokuskan suhu sebagai variabel utama, yang akan mempengaruhi kinerja substrat pada anoda, maka diperlukan sistem kontrol.

## 2.2. Preparasi Penelitian

### 2.2.1. Preparasi Elektroda

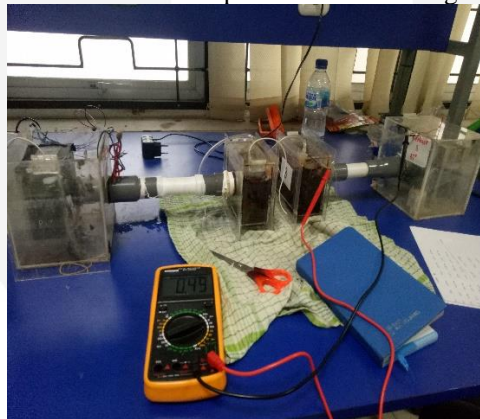
Elektroda digunakan pada chamber anoda dan katoda. Plat logam yang digunakan adalah seng (Zn) pada chamber anoda untuk melakukan proses oksidasi dengan substrat dan bakteri. Sedangkan tembaga (Cu) untuk melakukan proses reduksi. Kedua jenis logam itu dipilih, karena memiliki potensial paling besar, ukuran kedua plat adalah 5 x 2cm [5].

### 2.2.2. Preparasi Substrat

Substrat berupa limbah kulit pisang yang dibersihkan terlebih dahulu yang nantinya akan diblender sampai halus lalu akan yang akan didiamkan selama 3 hari dengan tujuan membasikan kulit pisang. Proses itu dilakukan untuk menghasilkan makanan yang akan di konsumsi bakteri untuk proses MFC. Selanjutnya limbah kulit pisang akan dicampurkan dengan lumpur sawah dengan komposisi 200 ml per bagian (1:1).

### 2.2.3. Desain Reaktor

Pada penelitian kali ini, reaktor yang digunakan adalah sistem *dual chamber*. Reaktor ini memisahkan reaktor anoda dan katoda. Setiap reaktor memiliki ukuran sama yaitu 12 x 5 x 12 cm. Kedua reaktor tersebut akan dihubungkan dengan pipa PVC sebagai wadah jembatan garam. Lalu reaktor anoda akan dimasukkan kedalam wadah pemanas reaktor dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm.



Gambar 2.1 Desain Reaktor MFC yang dipakai

### 2.2.4. Preparasi Jembatan Garam

Jembatan garam dibuat dari sumbu kompor yang dipilin sumbu kompor lainnya dengan tujuan agar lebih padat dan tebal dengan panjang 22,5 cm. Sumbu kompor lalu direndam NaCl yang telah di campur air panas hingga meresap ujung sumbu kompor dibiarkan terurai agar menjadi penghubung antara anoda dan katoda, lalu sumbu kompor akan dimasukkan ke pipa PVC yang menjadi wadah jembatan garam, pipa PVC memiliki diameter 0,75 inci dengan panjang sama dengan sumbu kompornya. Pada jembatan garam, konsentrasi larutan yang digunakan yaitu 1M [5] dengan persamaan :

$$M = \frac{n}{V} \quad (2.1)$$

$M$  : Molaritas

$n$  : Mol zat terlarut (mol)

$V$  : Volume larutan (L)

Dengan

$$n = \frac{x}{m} \quad (2.2)$$

$n$  : Jumlah mol (mol)

$x$  : Massa zat (g)

$m$  : Massa molar (g/mol).

### 2.2.5. Preparasi sistem kontrol

Pada penelitian kali ini sistem kontrol suhu terdiri dari mikrokontroler, Relay, sensor suhu, elemen pemanas dan pompa. Sistem ini pada dasarnya akan membandingkan suhu pada wadah pemanas anoda dengan suhu pada elemen pemanas. Disini air akan menjadi fluida kerja utama, air akan terlebih dahulu dipanaskan pada elemen pemanas yang lalu akan dipompakan ke wadah pemanas anoda, lalu air yang sudah dipompa ke wadah pemanas anoda, akan di pompa kembali ke elemen pemanas dengan tujuan dapat menjaga suhu dari air. Suhu akan dipantau melalui sensor suhu DS18B20 apabila suhu pada wadah pemanas melebihi atau kurang dari *set point* yang ditentukan maka relay akan memutus atau menghubungkan aliran sumber AC pada elemen pemanas

### 2.3 Pengambilan Data

Eksperimen dilakukan secara serentak dengan sistem paralel, hal ini dilakukan agar keadaan bakteri tiap reaktor sama, namun dengan suhu yang berbeda. eksperimen mencatat arus dan tegangan keluaran reaktor MFC. Berikut adalah table variasi suhu setiap percobaan.

Tabel 2.1. Variasi Suhu Setiap Percobaan.

Percobaan	Volume campuran substrat (1:1) mL	Suhu (°C)	Waktu
1	400	22-26	3 Jam
2	400	30	3 Jam
3	400	33	3 Jam
4	400	36	3 Jam

Tabel 2.1 memberikan daftar variabel suhu yang akan diuji, sistem pengujian pun dilakukan selama 3 jam dengan 1 jam sebelumnya substrat sudah terlebih dahulu dibiarkan pada *set-point* yang diinginkan. Pada penelitian kali ini, pengukuran arus akan dilakukan dengan menggunakan multimeter sedangkan pengukuran tegangan dan suhu akan dilakukan dengan menggunakan sensor, data tegangan dan suhu akan direkam oleh mikrokontroler melalui data logger, sementara arus akan dicatat secara manual. Setelah mendapatkan nilai arus dan tegangan, maka akan dicari nilai hambatan dalamnya dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.3)$$

Keterangan :

R = Hambatan ( $\Omega$ )

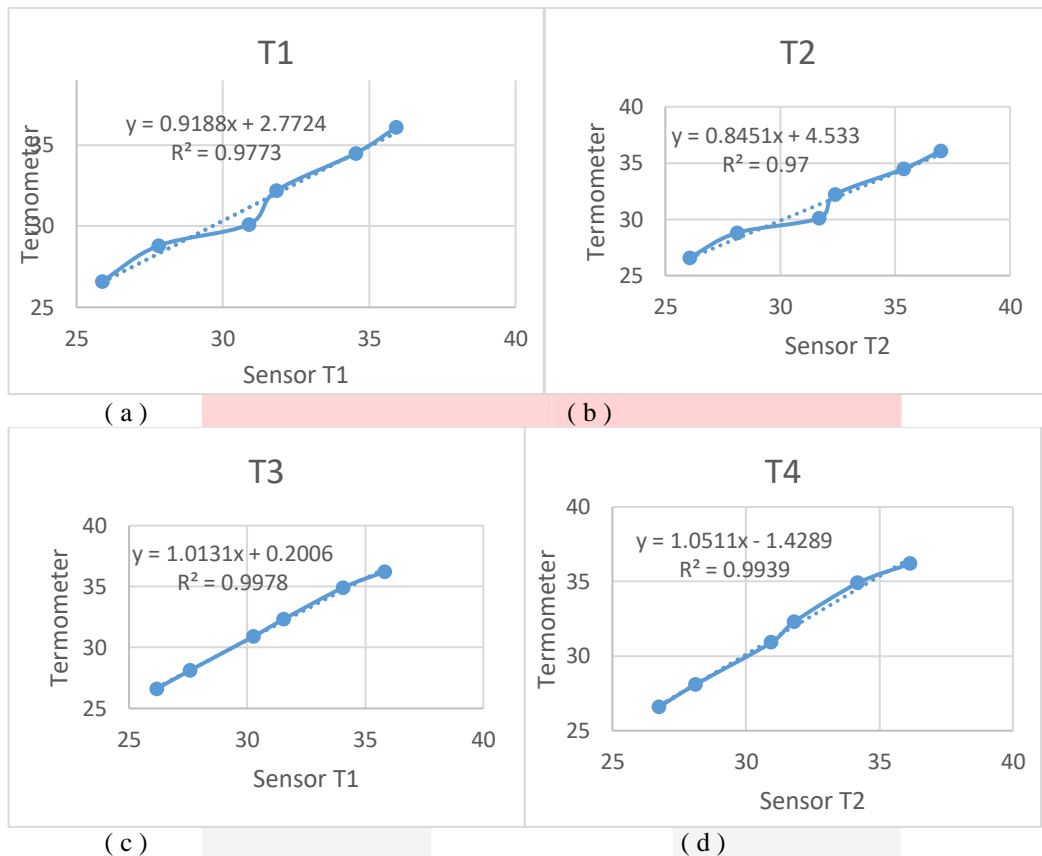
I = Kuat Arus (A)

V = Tegangan (V)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Kalibrasi Sensor Suhu

Pada penelitian kali ini, alat ukur suhu yang digunakan adalah sensor DS18B20. Kalibrasi sensor DS18B20 dilakukan dengan membandingkan suhu yang terukur dari sensor DS18B20 dengan termometer air digital. Hasil kalibrasi sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada gambar 3.1.

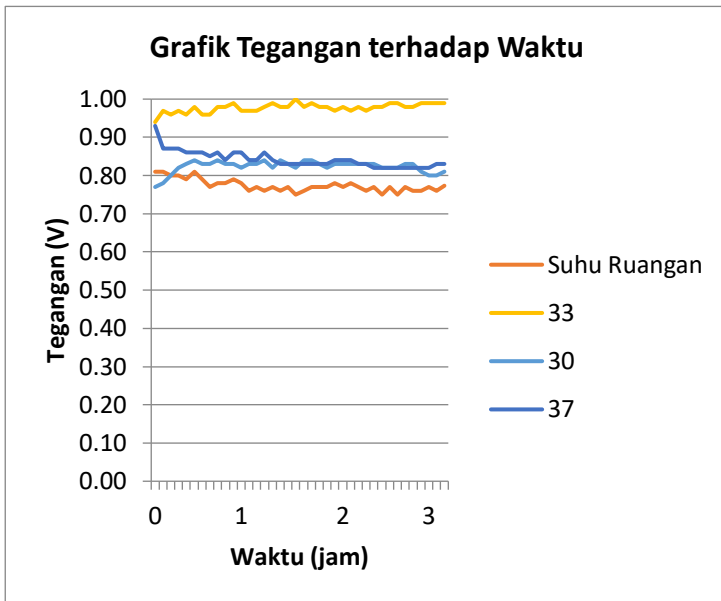


Gambar 3.1 Grafik Sensor Suhu DS18B20

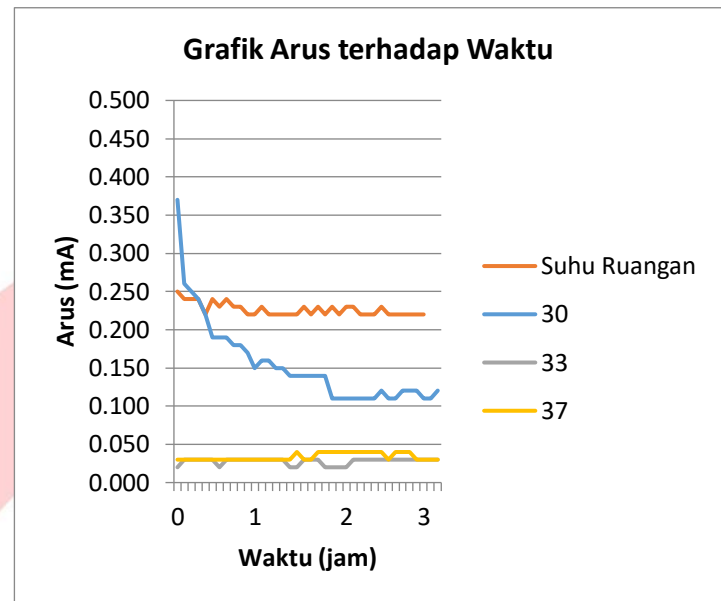
Dari gambar 4.3, keempat sensor DS18B20 memiliki koefisien determinasi  $R^2 \approx 1$ , yang berarti keempat sensor suhu DS18B20 tersebut memiliki tingkat akurasi mendekati 100%, dengan begitu dapat disimpulkan bahwa keempat sensor DS18B20 yang digunakan pada penelitian kali ini akurat.

### 3.2. Pengukuran Tegangan dan Arus

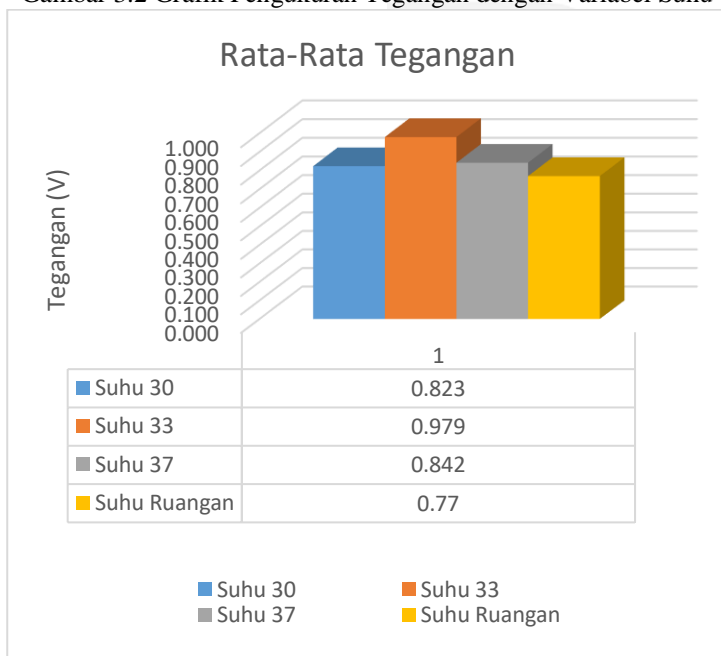
Tegangan dan kuat arus yang di hasilkan di ukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung dengan kedua elektroda yang ada pada Anoda dan Katoda pada sistem MFC. Kutub negatif pada multimeter dihubungkan dengan kompartemen Anoda yang berisi substrat serta kutub positif dihubungkan pada Katoda yang berisi larutan elektrolit. Data hasil pengukuran tegangan dan arus pada sistem MFC dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini



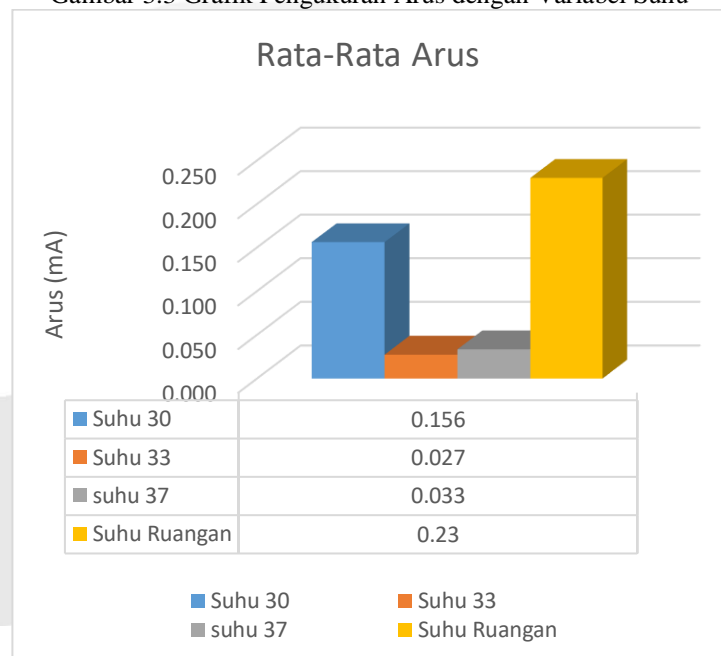
Gambar 3.2 Grafik Pengukuran Tegangan dengan Variabel Suhu



Gambar 3.3 Grafik Pengukuran Arus dengan Variabel Suhu



Gambar 3.4 Rata-Rata Tegangan



Gambar 3.5 Rata-Rata Arus

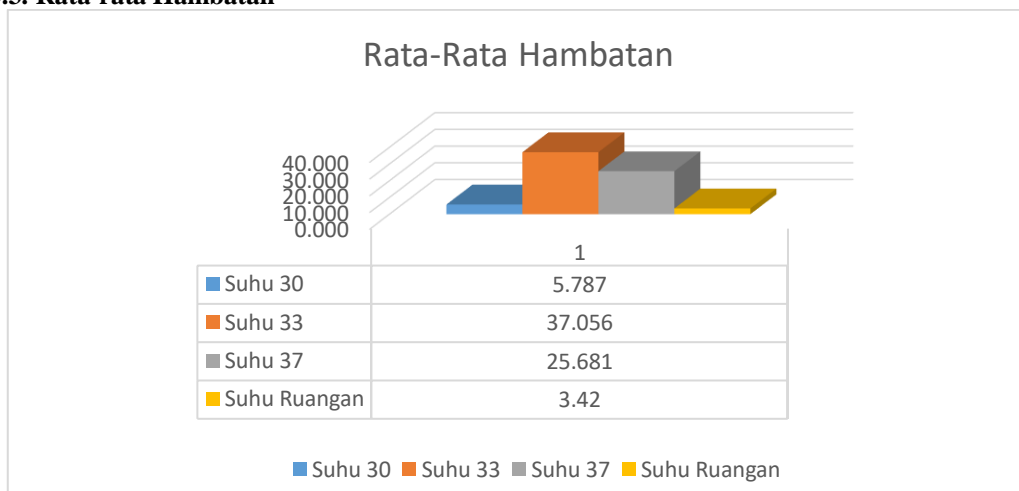
Pengukuran tegangan dilakukan dengan menggunakan multimeter yang terhubung dengan katoda dan anoda. Anoda pada MFC terhubung dengan kutub negatif, sementara katoda terhubung dengan kutub positif. Besarnya arus dan tegangan yang dihasilkan tergantung pada muatan elektron yang ditangkap oleh plat (Zn) dan kemudian mengalir ke plat (Cu). Saat plat seng (Zn) pada anoda melakukan kontak dengan bakteri yang bereaksi terhadap glukosa, maka akan terjadi perbedaan potensial pada masing-masing elektroda[6]. Dapat dilihat pada gambar 3.2, bahwa nilai tegangan dengan variasi suhu pada penelitian ini cukup stabil. Pada penelitian kali ini, sebelum mengontrol suhu dari substrat, dilakukan pengambilan data tegangan terlebih dahulu terhadap reaktor yang akan dikontrol sesuai variabel suhu yang diinginkan, pada reaktor 30°C tegangan terbaca adalah 0.77 V, sementara pada reaktor 33°C 0.94 V, dan reaktor 37°C yaitu 0.93 dan pada reaktor suhu ruangan (22°C-26°C) yaitu 0.81 V, lalu dilakukan kontrol suhu menggunakan air yang telah dipanaskan selama 1 jam, setelah dipanaskan selama satu jam pada reaktor 30°C, tegangan terbaca adalah 0.77, dan mulai mengalami kenaikan sampai angka 0.84 dan tegangan cenderung stabil. Sementara pada reaktor 33°C, terjadi kenaikan dari 0.94 V menjadi 0.97 V, dan nilai terbesar yang ditunjukkan adalah 1 V. Sementara pada 37°C terjadi penurunan ke angka 0.87 V, lalu terus mengalami penurunan terus



sampai angka 0.83 V. Sementara pada suhu ruangan sendiri nilai tegangan mulai mengalami penurunan hingga ke angka 0.76 V. Pada penelitian kali ini, nilai tegangan terbesar dihasilkan oleh varian suhu 33°C yaitu 1 V, demikian dengan rata-rata tegangan sekalipun yaitu 0.979 V.

Sementara pengukuran arus sendiri menggunakan metode yang sama seperti pengukuran tegangan, dilakukan pengambilan data arus pada variabel 30°C, 33°C, 37°C, suhu ruangan (22°C-26°C) dengan nilai berturut-turut adalah 0.37 mA, 0.02 mA, 0.03 mA dan 0.25 mA. Setelah mengalami kontrol ruangan suhu nilai dari arus 30°C mengalami penurunan menjadi 0.26 mA, dan turun terus hingga 0.12 mA, sementara pada suhu 33°C dan 37°C tidak ada perubahan suhu tetap sama pada angka masing masing 0.02 mA dan 0.03 mA dan cenderung stabil sampai akhir pengukuran. Namun pada suhu ruangan, mengalami penurunan menjadi 0.24 mA, dan nilai terkecil yg terbaca adalah 0.22 mA akan tetapi cenderung mengalami sifat stabil sampai akhir pengukuran. Nilai arus terbesar yang terbaca selama melakukan pengukuran dipegang oleh 30°C yaitu 0.37 mA. Rata-rata sendiri pun menunjukkan bahwa suhu ruangan memiliki nilai terbesar yakni 0.23 mA dikarenakan nilai arus yang tidak drop dan cenderung stabil, sementara nilai rata-rata terkecil dimiliki oleh 33°C yaitu 0.027 mA.

### 3.3. Rata-rata Hambatan

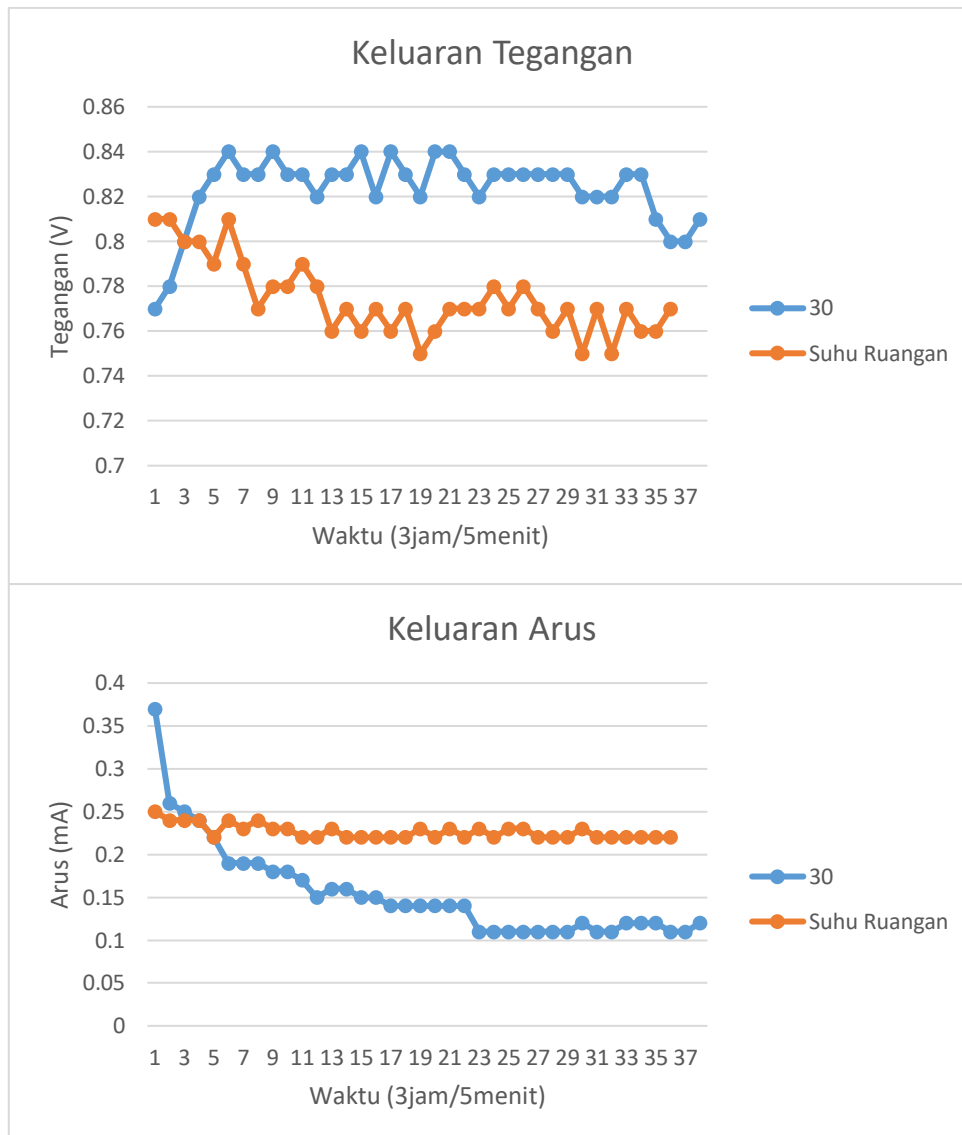


Gambar 3.6 Rata-Rata Hambatan

Berdasarkan gambar 3.6, dilakukan menunjukkan bahwa suhu 33°C memiliki rata rata hambatan paling besar dari semuanya, yaitu 37.056 kΩ. hal itu disebabkan karena pada hambatan dalam yang cukup besar, karena arus yang terbaca sangat kecil. Sementara nilai hambatan terbesar berada pada suhu ruangan (22°C-26°C) dengan nilai sebesar 3.42 kΩ

### 3.4. Perbandingan Suhu Ruangan dan Variabel kontrol suhu

Berdasarkan hasil pengukuran keluaran MFC dengan variasi suhu, keluaran listrik tertinggi terbesar terjadi pada suhu 30°C, untuk membuktikan bahwa keluaran listrik pada suhu 30°C daripada suhu ruangan, maka dilakukan perbandingan antara keduanya.



Gambar 3.7 Hasil perbandingan Keluaran listrik

Dengan membandingkan kedua variabel tersebut terlihat bahwa perbedaan pada keluaran tegangan dan arus cukup terlihat. Dimana saat suhu dikontrol akan terjadi keluaran tegangan yang jauh lebih baik, akan tetapi keluaran nilai arus lebih kecil daripada variabel tanpa kontrol dikarenakan hambatan yang besar. Dengan begitu, seperti hipotesa bahwa suhu dapat mempengaruhi produksi keluaran listrik pada *MFC* dengan substrat limbah kulit pisang.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, *Microbial Fuel Cell* (*MFC*) dengan substrat lumpur sawah dan limbah kulit pisang selama 3 jam penelitian untuk setiap kondisi suhu. Hasil keluaran listrik tertinggi ada pada variabel 33°C dengan tegangan maksimal yang dihasilkan 1 V, akan tetapi berkebalikan dengan arusnya yang relatif kecil yaitu 0.02 mA, dikarenakan hambatan dalam 37.056 k $\Omega$ , sementara arus terbaik yang dihasilkan ada pada variabel 30°C yaitu dengan 0.26 mA dan tegangan cenderung naik dan stabil antara rentang 0.81 V hingga 0.84, dan hambatan dalamnya 5.787 k $\Omega$ . Dapat disimpulkan bahwa suhu dapat mempengaruhi produksi listrik *MFC* dengan substrat campuran lumpur sawah dan limbah kulit pisang.

#### Referensi :

- [1] Tinjauan pustaka II, mengenai kulit pisang <http://digilib.unila.ac.id/2173/9/BAB%20II.pdf>
- [2] Ina Nilang Tyas, 2008, "Pemanfaatan kulit pisang sebagai bahan pembawa Inokulum bakteri pelarut Fosfat" skripsi, Jurusan studi Ilmu Tanah, Universitas sebelas maret.



- [3] Nur Hidayat Syamsul, 2019, “Studi Pengaruh Suhu Substrat Terhadap Produksi Daya Listrik *MICROBIAL FUEL CELL* dengan Substrat Lumpur Sawah dan Nasi basi, Universitas Telkom, 2019
- [4] Baldev Raj, 2018, “Microbial Fuel Cell A Bioelectrochemical System that Convert Waste to Watts, Debabrata das Editor Springer, India
- [5] Yasir. Rizki 2018. ”Kontrol temperature pada MFC dengan substrat limbah kotoran sapi”, Skripsi, Jurusan Teknik fisika, Telkom unvieristy Bandung.
- [6] Vebby Tjahyono, 2020, “ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DENGAN SUBSTRAT CAMPURAN LUMPUR SAWAH DAN AIR TEBU”, Universitas Telkom, Bandung.

