

# SISTEM SEMI KONTINU TUBULAR MICROBIAL FUEL CELL

## *MICROBIAL FUEL CELL TUBULAR SEMI CONTINUOUS SYSTEM*

1<sup>st</sup> Aliyah Insani Hidayat  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
aliyahinsani@student.telkomunive  
rsity.ac.id

2<sup>nd</sup> M. Ramdhan Kirom  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
mramdankirom@telkomuniversity  
.ac.id

3<sup>rd</sup> Rahmat Awaludin Salam  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
awaludinsalam@telkomuniversity.  
ac.id

### Abstrak

Semakin bertambahnya waktu kebutuhan energi listrik akan terus meningkat. Saat ini energi listrik masih banyak menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber utamanya, yang mana ketersediaan bahan bakar fosil akan habis jika dipakai terus menerus. Sehingga diperlukan alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber utama penghasil energi listrik. Dengan memanfaatkan bakteri dalam proses oksidasi zat organik dan anorganik *Microbial Fuel Cell* dapat menjadi alternatif penghasil listrik terbarukan. Dalam penelitian ini digunakan MFC berjenis tubular sebagai sistem utama. Penelitian dilakukan secara semi-kontinu dengan tujuan untuk melakukan optimasi sistem dengan kondisi substrat bersifat dinamis, yaitu substrat bergerak menuju sistem dan keluar sistem. Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi substrat terhadap variasi laju aliran. Dari penelitian yang dilakukan selama 12 hari didapatkan produksi daya listrik rata-rata terbaik sebesar 0,63 mW dengan menggunakan perbandingan komposisi substrat 14:1 L, jika dibandingkan dengan menggunakan perbandingan komposisi substrat 10:5 L dan perbandingan komposisi substrat 12:3 L yang hanya mampu menghasilkan daya rata-rata sebesar 0,33 mW dan 0,34 mW.

**Kata Kunci:** Daya, laju aliran, tubular *Microbial Fuel Cell*.

### Abstract

The increasing time the need for electricity will continue to increase. Currently, electricity still uses fossil fuels as its main source, where the availability of fossil fuels will be exhausted if used continuously. So that alternatives are needed that can replace fossil fuels as the main source of electricity generation. By

utilizing bacteria in the oxidation process of organic and inorganic microbial fuel cells can be an alternative to renewable electricity generation. In this study, tubular MFCs were used as the main system. Research is conducted on a semi-continuous basis with the aim of optimizing the system with dynamic substrate conditions, namely the substrate moves towards the system and out of the system. The experiment was conducted using variations in substrate composition against variations in flow rate. From the research conducted over 12 days, the best average electrical power production of 0,63 mW using a ratio of substrate composition of 14:1 L, when compared to using a ratio of substrate composition of 10:5 L and a ratio of substrate composition of 12:3 L which is only able to produce an average power of 0,33 mW and 0,34 mW.

**Keywords:** Flow rate, power, tubular *Microbial Fuel Cell*.

### I. PENDAHULUAN

Menyusutnya sumber daya alam tak terbarukan dengan cepat hingga kini masih menjadi masalah yang sering dibahas, khususnya terhadap bahan bakar fosil. Semakin bertambahnya waktu segala bidang kehidupan manusia akan memerlukan energi sehingga konsumsi energi akan terus mengalami peningkatan. Jika masalah tersebut tidak ditangani dengan tepat, tentu saja pasokan energi tak terbarukan yang terdapat di bumi akan semakin menipis dan habis, terutama pada sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara yang sampai saat ini masih digunakan sebagai sumber energi utama. Seluruh energi berkontribusi terhadap total konsumsi energi, di mana sebesar 87% pasokan energi dan 63% pasokan listrik yang dipakai berasal dari bahan bakar fosil [1]. Proses pembakaran bahan bakar fosil selalu disertai dengan pelepasan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke udara, yang mana karbon

dioksida merupakan salah satu penyebab perubahan iklim global. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan alternatif sumber energi terbarukan yang memiliki sifat ramah lingkungan. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan dan memiliki sifat ramah lingkungan, yaitu *microbial fuel cell*.

Microbial fuel cell (MFC) merupakan sumber energi alternatif yang dapat menghasilkan listrik dari biomassa yang tersedia dalam jumlah besar. Sistem MFC menggunakan bakteri sebagai katalis untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik sehingga dapat mengubah menjadi energi listrik [2]. MFC dapat menjadi solusi dari permasalahan sumber daya alam yang terbatas dan tak terbarukan sehingga penelitian MFC merupakan kontribusi dalam mencapai kebebasan sumber daya alam di masa mendatang dan berdampak baik bagi lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh variasi laju aliran substrat terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan dari masing-masing reaktor yang berbentuk tubular. Digunakan sistem MFC berbentuk tubular karena berdasarkan hasil penelitian Abi (2021) jika dibandingkan dengan menggunakan sistem berbentuk plat, durabilitas yang dimiliki sistem MFC berjenis tubular lebih terjaga sehingga dapat meminimalisasi kebocoran pada sistem [3] juga berdasarkan penelitian Yuan (2019) MFC jenis tubular memiliki tingkat resirkulasi elektroda yang lebih tinggi dapat menghasilkan keseimbangan antara muatan negatif dan muatan positif [4] serta menurut Citra (2021) penggunaan MFC berjenis tubular dapat meningkatkan efisiensi energi dan degressi limbah. Dengan diterapkannya sistem semi kontinu diharapkan dari ketiga reaktor dapat diketahui nilai optimum substrat dan laju aliran yang digunakan saat alat dioperasikan sehingga dapat menghasilkan produksi listrik yang stabil dan optimal.

## II. METODE

### A. Persiapan Substrat

Pada penelitian ini menggunakan campuran air kolam dan lumpur sedimen sebagai substrat utamanya, di mana campuran air kolam dan lumpur yang akan digunakan sebanyak 15 liter. Air kolam dan lumpur sedimen yang digunakan merupakan air kolam yang terdapat di area Universitas Telkom.

### B. Persiapan Elektroda

Pada penelitian ini menggunakan tembaga (Cu) dan Seng (Zn) sebagai elektroda. Elektroda yang digunakan berbentuk batang silinder dengan dimensi ukuran seng berdiameter 9,8 cm, ketinggian 15 cm, ketebalan 0,5 mm dan tembaga dengan diameter 1 cm, ketinggian 9 cm, ketebalan 0,2 mm. Sebelumnya pada elektroda dilakukan penghalusan dengan menggunakan amplas untuk mengurangi resistansi internal [5].

### C. Persiapan Jembatan Garam

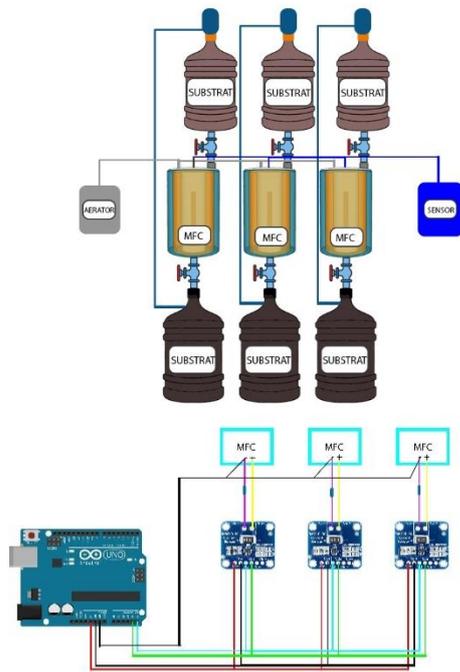
Pada penelitian ini jembatan garam yang digunakan berbentuk silinder. Pada jembatan garam digunakan campuran semen dan NaCl yang dimasukkan ke dalam cetakan yang sebelumnya sudah disiapkan dengan perbandingan volume 1:6 agar berfungsi dengan baik dan meminimalisasi kebocoran substrat.

### D. Desain Sistem Semi Kontinu Tubular *Microbial Fuel Cell*

Pada gambar 1 dapat dijelaskan dalam penelitian yang dilakukan proses penambahan substrat pada sistem *microbial fuel cell* dilakukan dengan proses semi kontinu. Hal pertama yang dilakukan ialah melakukan pengambilan dan penyimpanan substrat pada kompartemen dimana substrat yang digunakan merupakan campuran air kolam dan lumpur sedimen sebanyak 15 liter. Langkah selanjutnya adalah menghitung debit air terhadap waktu yang dihasilkan dari variasi laju aliran yang digunakan, jika debit air sudah diketahui maka substrat siap digunakan dalam eksperimen.

Pada eksperimen substrat akan dialirkan ke dalam reaktor MFC dengan masing-masing reaktor memiliki variasi laju aliran yang telah ditentukan, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui laju aliran yang paling baik pada sistem. Dalam tahap pengaliran substrat ke dalam sistem MFC terjadi proses penerimaan dan pelepasan elektron pada anoda dan katoda yang terdapat dalam sistem, sehingga menghasilkan tegangan dan arus yang terukur oleh sensor. Selama proses penerimaan dan pelepasan elektron berlangsung, substrat tetap dialirkan ke kompartemen bawah sehingga saat kompartemen tersebut penuh, substrat tersebut dialiri kembali ke dalam kompartemen awal dengan menggunakan pompa air sebagai alat bantu pemindahan substrat dari kompartemen bawah ke kompartemen atas agar lebih mudah. Dalam penelitian reaktor MFC yang digunakan berjenis tubular dan dilakukan secara semi kontinu. Proses semi kontinu terjadi saat kompartemen substrat bawah telah terisi penuh dan kompartemen substrat atas telah habis dengan cara memindahkan kembali substrat dari kompartemen bawah ke kompartemen atas dengan menggunakan pompa air. Penelitian dilakukan selama 12 hari dengan pengambilan data selama 6 jam, dimana dalam setiap jamnya dilakukan pemindahan substrat dari masing-masing kompartemen bawah ke kompartemen atas sesuai dengan laju aliran yang digunakan. Pada setiap laju aliran yang digunakan memiliki sirkulasi yang berbeda sehingga pada laju aliran 4 liter/menit pemindahan substrat dilakukan sebanyak 16 kali, lalu pada laju aliran 2 liter/menit pemindahan substrat dilakukan sebanyak 8 kali, dan pada laju aliran 0,6 liter/menit pemindahan substrat dilakukan

sebanyak 3 kali. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui proses optimal pada reaktor.



E. Eksperimen Microbial Fuel Cell

Pada eksperimen yang dilakukan, peneliti akan melakukan pengukuran selama kurang lebih dua minggu dengan pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan setiap reaktor pada variasi laju aliran. Pengambilan data dilakukan 3 kali dengan perbedaan variasi komposisi substrat terhadap variasi laju aliran yang digunakan seperti yang ditampilkan pada tabel 1.

Gambar 1 Desain sistem semi kontinu tubular MFC dan sistem pengukuran

Pengambilan data ke-	Reaktor	Komposisi Substrat		Laju Aliran (liter/menit)	Waktu (Hari)
		Air Kolam (mL)	Lumpur Sedimen (mL)		
1	I	10.000	5.000	4	12
	II	10.000	5.000	2	12
	III	10.000	5.000	0,6	12
2	I	12.000	3.000	4	12
	II	12.000	3.000	2	12
	III	12.000	3.000	0,6	12
3	I	14.000	1.000	4	12
	II	14.000	1.000	2	12
	III	14.000	1.000	0,6	12

Tabel 1 Variasi komposisi substrat dan variasi laju aliran pada penelitian

Dari tabel 1 ditentukan laju aliran dengan cara menghitung debit air yang diperoleh dari eksperimen sudut bukaan keran dengan menghitung keluaran air permenitnya. Dari eksperimen yang didapatkan tiga variasi laju aliran dari bukaan keran minimum hingga bukaan keran maksimum. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui efektivitas keluaran yang diperoleh dari pengaruh perbedaan laju aliran pada masing-masing reaktor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

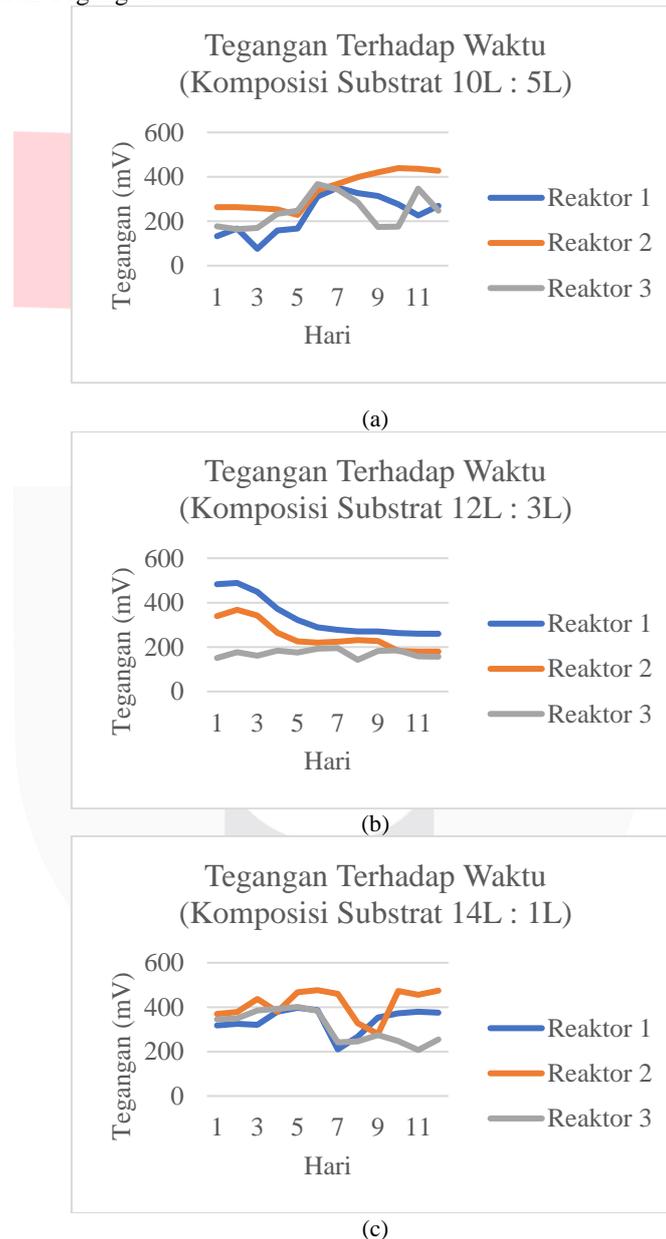
A. Hasil Pengukuran Variasi Laju Aliran

Pada tahap ini proses pengukuran dilakukan menggunakan sensor INA219 dan arduino sebagai alat ukur tegangan dan arus yang dihubungkan dengan elektroda. Pada sistem MFC katoda berada pada kompartemen air yang berisi akuades

sebanyak 0,3L dan anoda berada pada kompartemen substrat yang dapat menampung sebanyak 1,25 L, namun pada penelitian ini substrat dialirkan ke kompartemen melalui keran yang terdapat pada sistem MFC untuk dilakukan pengoptimasian substrat dengan komposisi substrat yang telah ditentukan seperti pada tabel 1.

Didapatkan hasil pengukuran rata-rata tegangan, arus, dan daya tertinggi dalam proses pengukuran yang dilakukan selama 12 hari dengan pengambilan data dilakukan setiap 6 jam perharinya, pengambilan data pada variasi laju aliran dilakukan sebanyak 3 kali dengan setiap pengambilan data menggunakan substrat yang bervariasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui produksi daya listrik yang dihasilkan paling optimal.

### B. Pengukuran Tegangan



Gambar 2 Pengukuran tegangan (a) pengambilan data ke-1, (b) pengambilan data ke-2, dan (c) pengambilan data ke-3

Pada gambar 2 ditampilkan grafik hasil pengukuran tegangan didapatkan. Seperti yang sudah dijelaskan setiap pengambilan data yang dilakukan menggunakan substrat yang bervariasi seperti yang ditampilkan pada tabel 1. Dari gambar

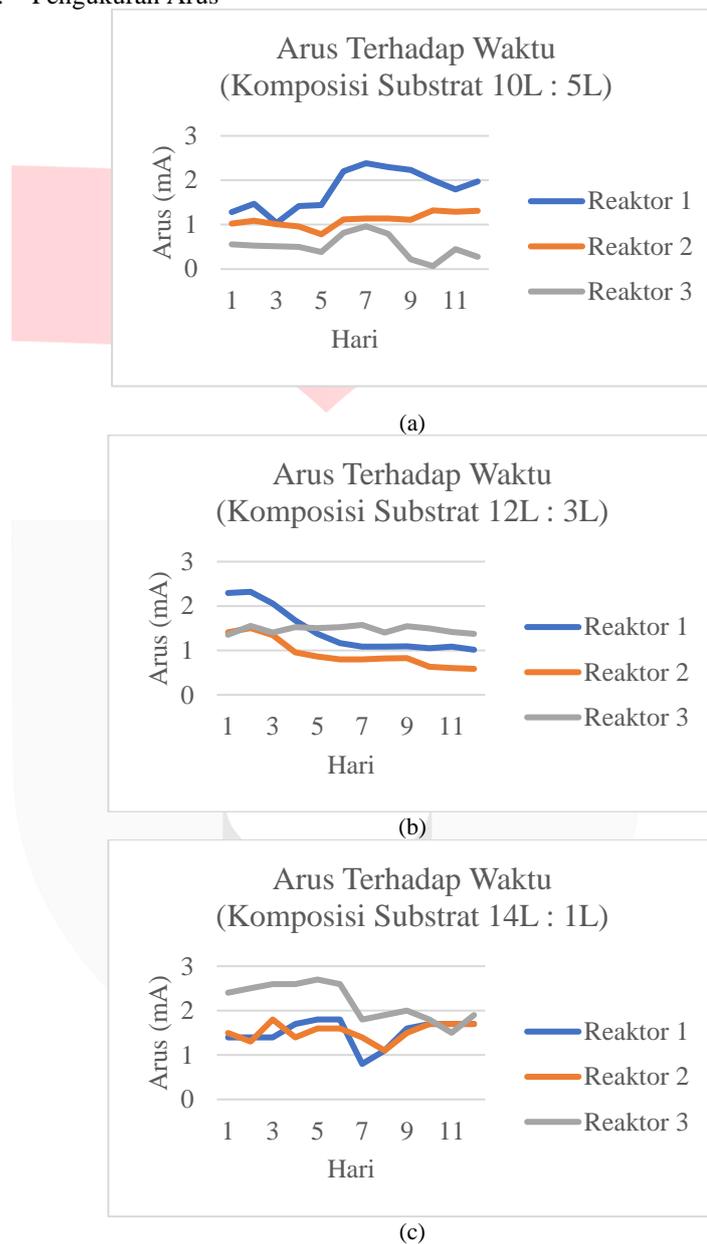
tersebut dijelaskan setiap variasi komposisi substrat mendapatkan tegangan yang berbeda. Untuk pengambilan data ke-1 dengan perbandingan komposisi substrat 10:5 L didapatkan tegangan tertinggi di hari ke-10 pada reaktor 2 sebesar 439,2

mV, lalu untuk pengambilan data ke-2 dengan perbandingan komposisi substrat 12:3 L didapatkan tegangan tertinggi di hari ke-2 pada reaktor 1 sebesar 488,8 mV, kemudian untuk pengambilan data ke-3 dengan perbandingan komposisi substrat 14:1 L didapatkan tegangan tertinggi di hari ke-6 pada reaktor 2 sebesar 476,7 mV.

Gambar 2 juga memperlihatkan grafik tegangan untuk pengambilan data ke-2 meskipun

mengalami penurunan tetapi tegangan yang dihasilkan lebih stabil jika dibandingkan dengan pengambilan data-1 dan pengambilan data ke-3 yang cenderung naik turun. Akan tetapi meskipun pengambilan data ke-2 terlihat stabil, dari ketiga grafik tersebut pada pengambilan data ke-3 yang dapat menghasilkan rata-rata tegangan tertinggi sebesar 415,0 mV pada reaktor 2 dengan besar laju aliran 2 liter/menit.

#### b. Pengukuran Arus



Gambar III Pengukuran arus (a) pengambilan data ke-1, (b) pengambilan data ke-2, dan (c) pengambilan data ke-3

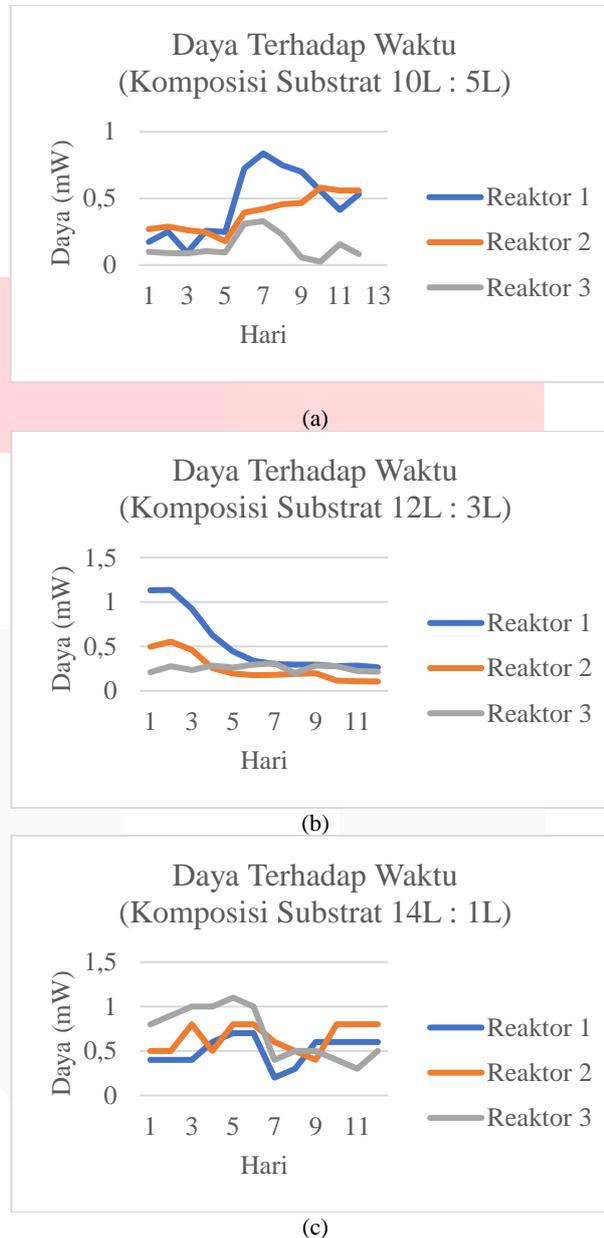
Selanjutnya pada gambar 3 ditampilkan grafik hasil pengukuran arus yang didapatkan. Dari gambar tersebut dijelaskan bahwa masing-masing reaktor pada setiap pengambilan data menghasilkan arus berbeda-beda. Dengan menggunakan komposisi substrat 10:5 L mampu menghasilkan arus maksimal

sebesar 2,4 mA pada reaktor 1 di hari ke-7, lalu dengan menggunakan komposisi substrat 12:3 L mampu menghasilkan arus maksimal sebesar 2,3 mA pada reaktor 1 di hari ke-2, kemudian dengan menggunakan komposisi substrat 14:1 L pada reaktor 3 mampu menghasilkan arus maksimal

sebesar 2,7 mA di hari ke-5. Dari ketiga grafik tersebut diketahui dengan menggunakan perbandingan komposisi substrat 14:1 L mampu menghasilkan rata-rata arus maksimal sebesar 2,7 mA dengan besar laju aliran 0,6 liter/menit. Dengan demikian menurut metode Robinson

### C. Pengukuran Daya

menggambarkan hubungan antara laju aliran dengan tegangan dan arus, jumlah komposisi substrat dan besarnya laju aliran yang digunakan mempengaruhi nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing reaktor [6].



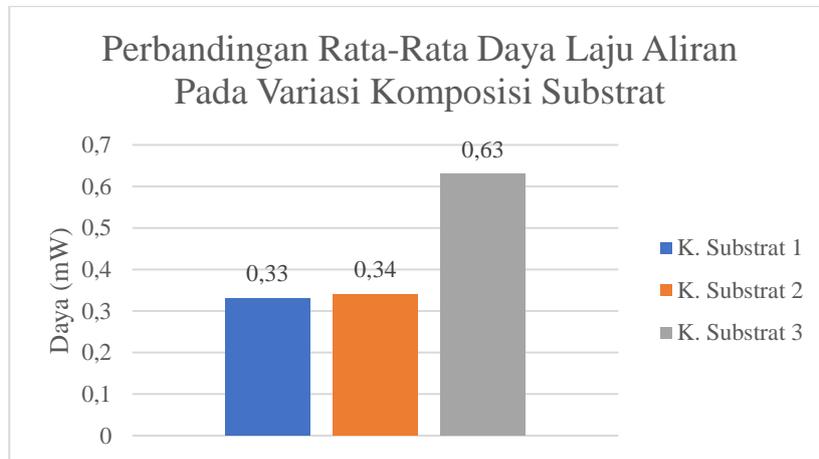
Gambar 4 Pengukuran daya (a) pengambilan data ke-1, (b) pengambilan data ke-2, dan (c) pengambilan data ke-3

Selanjutnya pada gambar 4 menampilkan data hasil pengukuran daya yang diperoleh dengan proses perkalian antara tegangan dengan arus. Dari gambar 4.7 juga dijelaskan untuk komposisi substrat 10:5 L dan 12:3 L menghasilkan daya tertinggi pada reaktor 1 sebesar 0,8 mW dan 1,1 mW di hari ke-7, sedangkan untuk penggunaan komposisi substrat 14:1 L mendapatkan daya tertinggi pada reaktor 3 sebesar 1,1 mW di hari ke-5.

Diketahui dari ketiga grafik pengambilan data yang telah dilakukan dengan menggunakan komposisi substrat 14:1 L didapatkan rata-rata daya tertinggi sebesar 0,7 mW pada reaktor 3 dengan laju aliran sebesar 0,6 liter/menit. Sehingga dapat dinyatakan bahwa komposisi substrat dan besarnya laju aliran juga memiliki pengaruh terhadap nilai daya yang dihasilkan oleh masing-masing reaktor, ketiga grafik juga menjelaskan masing-masing reaktor dari setiap variasi komposisi substrat

mengalami penurunan daya dimana hal tersebut disebabkan adanya proses korosi pada elektrodra yang digunakan sehingga terjadi penurunan daya.

#### D. Pengaruh Variasi Laju Aliran Terhadap Produksi Daya setiap Variasi Komposisi Substrat



Gambar 5 Perbandingan rata-rata daya laju aliran

Dari grafik yang ditampilkan pada gambar 5 terlihat jika komposisi substrat yang digunakan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Pengambilan data ke-1 menggunakan komposisi substrat 10:5 L mampu menghasilkan rata-rata daya sebesar 0,33 mW, lalu pada pengambilan data ke-2 menggunakan komposisi substrat 12:3 L mampu menghasilkan rata-rata daya sebesar 0,34 mW, kemudian untuk pengambilan data ke-3 menggunakan komposisi substrat 14:1 L mampu menghasilkan rata-rata daya sebesar 0,63 mW. Data tersebut didapatkan dari hasil pengukuran ketiga reaktor yang mana setiap reaktornya dilakukan pengukuran pada tiga laju aliran yang berbeda, yaitu sebesar 4, 2, dan 0,6 liter/menit. Dari perbandingan grafik tersebut diketahui jika rata-rata daya tertinggi dihasilkan pada pengambilan data ke-3 yaitu dengan komposisi substrat 14:1 L, sedangkan rata-rata daya terendah dihasilkan pada pengambilan data ke-1 dengan komposisi substrat 10:5 L dengan lama waktu pengukuran 12 hari.

Sehingga dari grafik tersebut dapat dinyatakan besar kecilnya komposisi substrat yang digunakan mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh setiap reaktor, hal tersebut disebabkan dari perbedaan konsentrasi substrat dan besar laju aliran yang digunakan, yang mana semakin besar laju aliran yang digunakan maka debit air yang dialirkan akan semakin besar dan sebaliknya jika semakin kecil laju aliran yang digunakan maka debit air yang dialirkan juga akan semakin kecil. Dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan komposisi substrat yang besar sulit untuk mengalirkan substrat ke sistem MFC dengan menggunakan laju aliran

yang kecil dikarenakan terjadinya hambatan dalam reaktor, sehingga pengukuran yang dilakukan kurang optimal.

#### V. KESIMPULAN

1. Produksi listrik dari sistem tubular *microbial fuel cell* semi kontinu menunjukkan daya rata-rata terbaik sebesar 0,63 mW dengan komposisi substrat yang digunakan sebesar 14:1 liter.
2. Variasi laju aliran pada sistem tubular *microbial fuel cell* semi kontinu menunjukkan rata-rata daya optimal sebesar 0,5 mW, 0,6 mW, dan 0,7 mW untuk reaktor I, II, III dengan laju aliran 4, 2, dan 0,6 liter/menit pada komposisi substrat yang digunakan sebesar 14:1 liter. Hal ini dipengaruhi oleh laju aliran yang tinggi dan minim hambatan reaktor.

#### REFERENSI

- [1] F. Sulaiman, "Identifikasi Potensi, Dampak dan Pengendalian Lingkungan dalam Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir," *Dedikasi*, vol. 2, no. 3, pp. 27–54, 2011.
- [2] Y. P. Pamungkas *et al.*, "Sistem Semi Kontinu Microbial Fuel Cell," *Microbial Fuel Cell Semi Continuous System*, vol. 7, no. 1, pp. 1375–1381, 2020.

- [3] A. Taslim, M. R. Kirom, and R. A. Salam, "RANCANG BANGUN TUBULAR MICROBIAL FUEL CELL DENGAN JEMBATAN GARAM BERBAHAN SEMEN ( DESIGN OF MICROBIAL FUEL CELL TUBULAR WITH A CEMEN SALT BRIDGE )."
- [4] Y. Pan, T. Zhu, and Z. He, "Energy advantage of anode electrode rotation over anolyte recirculation for operating a tubular microbial fuel cell," *Electrochem. commun.*, vol. 106, no. July, p. 106529, 2019, doi: 10.1016/j.elecom.2019.106529.
- [5] P. Octavia *et al.*, "Pengaruh Elektroda Pada Kinerja Microbial Fuel Cell Dengan Menggunakan Lumpur Bakau Sebagai Substrat the Impact of Electrodes on Microbial Fuel Cell Performance on the Resulted Electric Power Density Using Mangrove Mud As Substrate," vol. 5, no. 2, pp. 2350–2357, 2018.
- [6] M. Nur, A. Fadhilah, A. Suseno, and H. Sutanto, "Mobilitas Ion-Ion Ar<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, CO<sub>2</sub><sup>-</sup>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, dan Laju Aliran Angin Ion Dalam Plasma Korona Pada Tekanan Atmosfer," *J. Mat Stat*, vol. 12, no. 2, pp. 165–175, 2012.