

RANCANG BANGUN PROTOTYPE MICROBIAL FUEL CELL DENGAN MEMANFAATKAN MIKROBA PADA FESES SAPI SEBAGAI SUMBER ENERGI T...

hamdun andonks


jurnal, Rancang Bangun Prototype Microbial Fuel Cell dengan Memanfaatkan Mikroba pada Feses sapi sebagai sumber energi terbarukan

Cite this paper

Downloaded from [Academia.edu](#) 

[Get the citation in MLA, APA, or Chicago styles](#)

Related papers

[Download a PDF Pack](#) of the best related papers 



[O-lectric \(Organic Electricity\): Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Sumber Energi Listrik M...](#)
F Febiyanto

[Fuel Cell](#)

Lha DesuCha

[SI CERDIK MFC \(SISTEM CERDAS LISTRIK MICROBIAL FUEL CELL\): PEMANFAATAN LIMBAH KOTORANA...](#)
F Febiyanto

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE MICROBIAL FUEL CELL DENGAN MEMANFAATKAN MIKROBA PADA FESES SAPI SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN
DESIGN THE MICROBIAL FUEL CELL PROTOTYPE USING COW FECES AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE**

Hamdun¹, Abdul Natsir², Sabar Nababan³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas mataram, NTB

Email: ¹hamdunandonks@gmail.com, ²abdulnatsir@unram.ac.id, ³sabarnababan@unram.ac.id

ABSTRAK

Listrik merupakan salah satu komponen yang sangat berperan banyak dalam kehidupan suatu bangsa dan bahkan bagi setiap manusia. Di Indonesia, listrik diperoleh dengan cara mengolah berbagai macam sumberdaya fosil secara besar-besaran sehingga mengakibatkan menurunnya cadangan bahan bakar fosil. Salah satu upaya untuk mencegah hal tersebut adalah dengan mulai membangun sumber-sumber energi terbarukan seperti memanfaatkan mikroorganisme sebagai penghasil energi listrik melalui sistem *microbial fuel Cell* (MFC). Sistem MFC akan memanfaatkan hasil dari proses metabolisme bakteri. Bakteri akan melakukan metabolisme dengan mengurai glukosa menjadi hidrogen (H₂) dan oksigen(O₂). Hidrogen merupakan bahan baku yang digunakan untuk reaksi reduksi dengan oksigen, sehingga melepaskan elektron pada anoda sebagai sumber arus listrik. Sistem MFC yang digunakan adalah *single chamber* terdiri dari komponen reaktor yang terbuat dari bahan akrilik, elektroda anoda dari bahan Aluminium foil, elektroda katoda dari bahan *grafith*, dan substrat utama dari fekes sapi. Besar tegangan yang dihasilkan oleh MFC dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya Formulasi substrat, jenis substrat, luas penampang elektroda, dan waktu yang dibutuhkan mikroba untuk bermetabolisme sehingga menghasilkan tegangan yang optimum. Jenis formulasi substrat yang menghasilkan tegangan paling optimum adalah 2200 ml pelarut, 40 gram NaCl, dan 100 gram fekes sapi yaitu sebesar 1.318 Volt.

Kata Kunci : MFC, Sel Bahan Bakar, Feses Sapi, Energi Terbarukan

ABSTRACT

*Electricity is one of the components that play an important role in the life of a nation and even for every human being. In Indonesia, electricity is obtained by processing various kinds of fossil resources on a large scale that resulting in a decrease of fossil fuel reserves. One effort to prevent this is to start designing renewable energy sources such as utilizing microorganisms as the producers of electrical energy through a microbial fuel cell (MFC) system. The MFC system will utilize the results of bacterial metabolic processes. Bacteria will undergo the metabolism by breaking down glucose into hydrogen (H₂) and oxygen (O₂). Hydrogen is a raw material used for reduction reactions with oxygen to release electrons at the anode as a source of electric current. The MFC system used in this study was a single chamber consisting of reactor components made of acrylic, anode electrodes from Aluminum foil, cathode electrodes from *grafith* material, and the main substrate was from cow feces. The voltage generated by MFC was influenced by several variables including the formulation of the substrate, the type of substrate, the cross-sectional area of the electrode, and the time it took for microbes to undergo the metabolism process to produce the optimum voltage. The type of substrate formulation that produced the most optimum voltage was 2200 ml of solvent, 40 grams of NaCl, and 100 grams of cow feces which was equal to 1,318 Volts.*

Keywords : *MFC, Fuel Cell, Cow Feces, Renewable Energy.*

1. Pendahuluan

Fuel cell merupakan suatu pembangkit listrik yang mengubah energi kimia langsung menjadi listrik dengan menggunakan hidrogen sebagai bahan bakarnya dan oksigen sebagai oksidannya. *Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan *fuel cell* yang memanfaatkan materi organik, misalnya limbah organik, yang digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitas metabolismenya. (Arifah 2016). *Fuel cell* akan terus menerus memberikan energi listrik selama hidrogen kontinyu disalurkan. Jadi tegangan yang dihasilkan oleh *fuel cell* tidak akan habis selama bahan bakar hidrogen masih ada. Hasil dari reaksi kimia tersebut berupa energi listrik, panas, dan air.

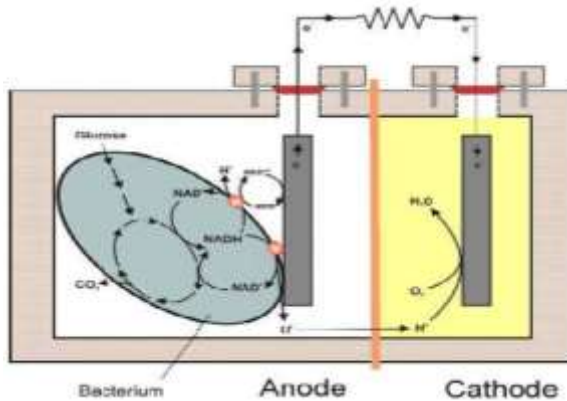
2. Dasar Teori

2.1. Pengertian *Fuel Cell*

Fuel cell merupakan suatu pembangkit listrik yang mengubah energi kimia langsung menjadi listrik dengan menggunakan hidrogen sebagai bahan bakarnya dan oksigen sebagai oksidannya. *Fuel cell* akan terus menerus memberikan energi listrik selama hidrogen kontinyu disalurkan. Jadi tegangan yang dihasilkan oleh *fuel cell* tidak akan habis selama bahan bakar hidrogen masih ada.

2.2. Prinsip Kerja MFC

Prinsip kerja MFC adalah memanfaatkan mikroba yang melakukan metabolisme terhadap media untuk mengkatalis pengubahan materi organik menjadi energi listrik dengan mentransfer elektron dari anoda melalui kabel, menghasilkan arus ke katoda. Transfer elektron dari anoda diterima oleh ion kompleks di katoda yang memiliki elektron bebas. Dalam MFC, yang dapat digunakan sebagai donor elektron adalah zat hasil metabolisme mikroba atau elektron yang dilepaskan mikroba saat melakukan metabolismenya. Zat hasil metabolisme mikroba umumnya merupakan senyawa yang mengandung hidrogen (Sitorus, 2010).



Gambar 2.4 Prinsip kerja MFC (Sitorus, 2010)

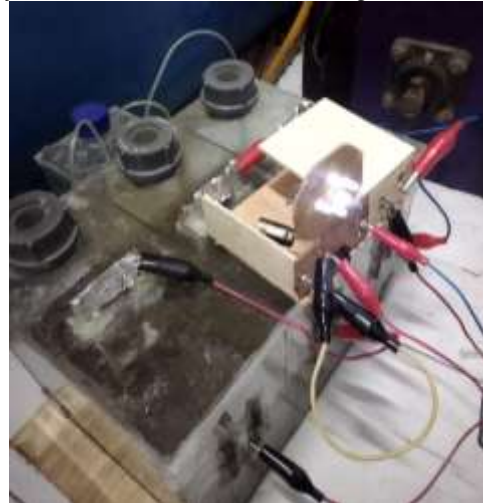
3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proses perancangan *prototype* MFC dengan memanfaatkan mikroba pada feses sapi sebagai sumber energi terbarukan dan mengetahui pengaruh formulasi substrat, jenis substrat, dan waktu yang dibutuhkan mikroba untuk bermetabolisme terhadap besar tegangan yang dihasilkan oleh MFC. Pengukuran tegangan dilakukan menggunakan multimeter dengan sistem tegangan terbuka (*Open circuit voltage*). Pengaplikasian MFC dengan menyakakan 5 buah lampu LED yang ditambahkan dengan rangkaian *Joule Thief* dan superkapasitor. Penambahan superkapasitor dilakukan untuk mengatasi kerapuhan arus yang dihasilkan oleh MFC, dengan katalain superkapasitor sebagai baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan MFC sebelum menyalakan beban lampu LED.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Perancangan MFC

MFC yang dibuat merupakan MFC satu bejana (*Single Chamber*) dengan bahan bejana dari akrilik dan elektroda anoda terbuat dari aluminium foil dan elektroda katoda dari batang grafit (batang anoda pada batu baterai). MFC dibuat menjadi tiga ruangan, dengan tujuan agar pada saat pengujian atau eksperimen dapat dilakukan tiga jenis formulasi substrat sekaligus.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan MFC

4.2. Hasil Eksperimen Tegangan MFC Terhadap Formulasi Substrat

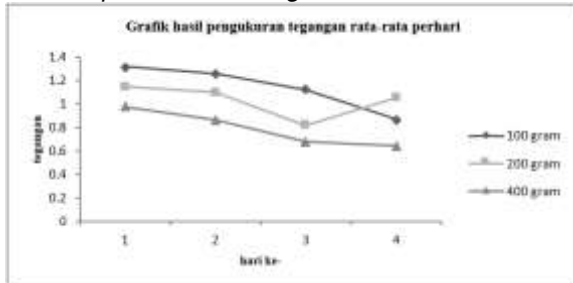
a. Eksperimen pengaruh penambahan jumlah feses sapi pada substrat terhadap tegangan MFC.

Eksperimen ini dilakukan dengan mengukur tegangan MFC dengan formulasi substrat sebagai berikut:

- Pelarut : 2200 ml, 2200 ml, dan 2200 ml
- NaCl : 40 gram, 40gram, dan 40 gram

- Feses sapi : 100 gram, 200 gram, dan 400 gram

Besaran formulasi substrat didasarkan karena ukuran reaktor MFC. Pengukuran dilakukan selama 4 hari dengan rentang waktu pengukuran 1 jam sekali selama 10 jam sehari. Pengukuran tegangan menggunakan multimeter dengan sistem *open circuit voltage*.



Gambar 4.10 Grafik hasil pengukuran tegangan rata-rata perhari

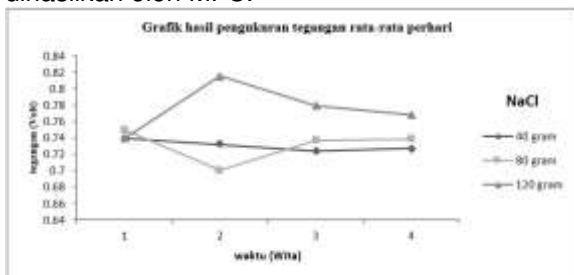
Hasil pengukuran tegangan rata-rata MFC selama 4 hari dan didapatkan bahwa tegangan pada 3 jenis formulasi substrat yang digunakan adalah rata-rata cenderung menurun sampai hari ke 3, namun hanya satu jenis formulasi substrat yang mengalami peningkatan nilai tegangan pada hari ke 4 yaitu MFC dengan jumlah feses sapi 200 gram. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh waktu inkubasi yang sesuai dengan formulasi substrat, dimana untuk formulasi dengan jumlah feses sapi akan meningkat ketika setelah 4 hari substratnya diinkubasi pada reaktor MFC.

b. Eksperimen pengaruh penambahan jumlah NaCl terhadap tegangan MFC

Eksperimen selanjutnya dilakukan dengan formulasi substrat sebagai berikut:

- Pelarut : 2200 ml, 2200 ml, dan 2200 ml
- NaCl : 40 gram, 80 gram, dan 120 gram
- Feses sapi : 100 gram, 100 gram, dan 100 gram

Pengukuran dilakukan selama 4 hari dengan rentang waktu pengukuran 1 jam sekali selama 10 jam sehari. Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah NaCl pada substrat terhadap tegangan yang dihasilkan oleh MFC.



Gambar 4.15 Grafik hasil pengukuran tegangan rata-rata perhari

Tegangan MFC rata-rata perhari selama 4 hari pengukuran dimana nilai terbesar diantara tiga jenis formulasi jumlah NaCl pada substrat adalah formulasi substrat dengan jumlah NaCl 120

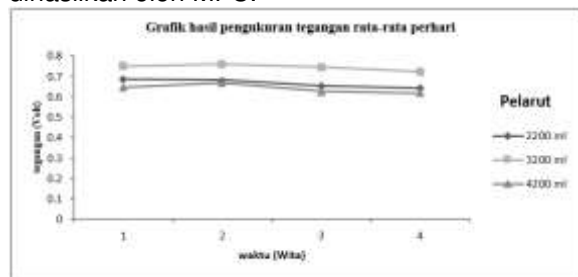
gram. Hal ini menunjukkan bahwa memang benar bahwa ada pengaruh yang disebabkan oleh NaCl pada substrat MFC. Adapun fluktuasi yang terjadi pada setiap pengukuran kemungkinan disebabkan oleh pembacaan alat ukur yang kurang presisi. Waktu pengukuran juga menjadi penyebab terjadinya perubahan nilai tegangan pada eksperimen ini, karena setiap hari pengukuran terjadi perubahan nilai yang didapatkan.

c. Eksperimen pengaruh penambahan jumlah Pelarut terhadap tegangan MFC

Eksperimen selanjutnya dilakukan dengan formulasi substrat sebagai berikut:

- Pelarut: 2200 ml, 3200 ml, dan 4200 ml
- NaCl: 40 gram, 40 gram, dan 40 gram
- Feses sapi : 100 gram, 100 gram, dan 100 gram

Pengukuran dilakukan selama 4 hari dengan rentang waktu pengukuran 1 jam sekali selama 10 jam sehari. Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah pelarut pada substrat terhadap tegangan yang dihasilkan oleh MFC.



Gambar 4.20 Grafik hasil pengukuran tegangan rata-rata perhari

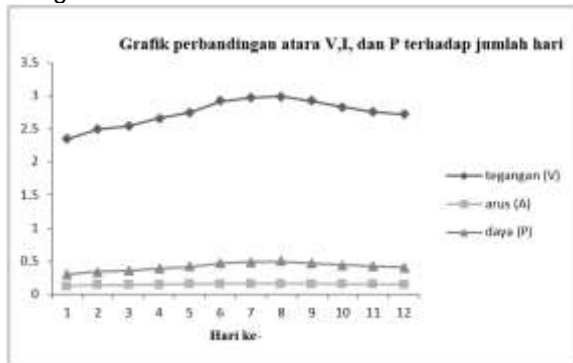
Tegangan MFC rata-rata perhari selama 4 hari pengukuran dimana rata-rata ketiga jenis formulasi substrat cenderung konstan namun dapat dilihat juga bahwa nilai tegangan paling besar dihasilkan dari formulasi MFC dengan jumlah pelarut 3200 ml. hal ini disebabkan oleh jumlah pelarut pada substrat yang lebih bagus dari ketiga jenis formulasi yang dibuat. Formulasi substrat dengan memvariasikan jumlah pelarut menyebabkan berbagai kondisi yang terjadi pada substrat yaitu semakin banyak pelarut yang diberikan maka substrat akan semakin encer, dan dapat dilihat hasilnya adalah formulasi yang paling besar menghasilkan tegangan lebih besar adalah substrat dengan jumlah pelarut 3200 ml.

4.3. Hasil Eksperimen Tegangan MFC Terhadap waktu yang dibutuhkan mikroba untuk bermetabolisme

Pengukuran secara berkala dilakukan selama 12 hari pengukuran menggunakan rangkaian seri pada MFC dengan beban resistor sebesar 18 Ω yang dirangkai seri dengan tiga MFC. Formulasi substrat sebagai berikut:

- Pelarut : 3200 ml, 3200 ml, dan 3200 ml
- NaCl : 80 gram, 80 gram, dan 80 gram

- Feses sapi : 200 gram, 200 gram, dan 200 gram



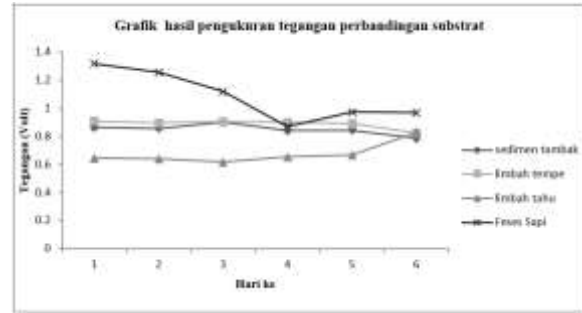
Gambar 4.21 Grafik perbandingan antara V, I, dan P terhadap jumlah hari

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang dihasilkan dari hari ke 1 sampai hari ke 8 memiliki tren terus meningkat, hingga nilai tegangan optimum di dapatkan pada hari ke 8. Setelah hari ke 8, nilai tegangan memiliki tren semakin menurun hingga hari terakhir pengukuran yaitu hari ke 12. Terjadinya peningkatan dan penurunan hasil pengukuran tegangan dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme mikroba pada MFC dimana, semakin banyak mikroba yang bermetabolisme maka, semakin besar pula tegangan yang dihasilkan begitu juga sebaliknya. Untuk nilai tegangan yang semakin menurun, dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, aktivitas metabolisme mikroba yang semakin berkurang dan biofilm bakteri hasil metabolisme mikroba yang menempel pada elektroda yang semakin banyak, sehingga menghambat proses transfer elektron ke elektroda.

4.4. Hasil Eksperimen Tegangan MFC Terhadap Jenis Substrat Yang Lain

peneliti melakukan pengujian besar tegangan pada MFC dengan jenis substrat yang berbeda yaitu diantaranya, sedimen tambak udang, limbah tempe, dan limbah tahu. Pengukuran tegangan menggunakan multimeter dengan sistem *open circuit voltage*. Formulasi substrat sebagai berikut:

- Pelarut : 1000 ml
- NaCl : 40 gram
- Sedimen tambak udang : 1000 ml
- Limbah tempe : 1000 ml
- Limbah tahu : 1000 ml



Gambar 4.24 Grafik hasil pengukuran tegangan perbandingan substrat

Gambar 4.24 menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan oleh MFC dari sedimen tambak udang dan limbah tempe selama 6 hari pengukuran adalah cenderung konstan, sedangkan MFC dengan substrat limbah tempe menghasilkan tegangan yang semakin meningkat. Hasil pengukuran besar tegangan yang dihasilkan oleh substrat dari limbah tempe memiliki nilai terbesar sampai dengan hari ke 5. Pada hari ke 6 nilai tegangan terbesar dihasilkan oleh substrat dari limbah tahu. Untuk substrat dari sedimen tambak udang menghasilkan tegangan yang stabil sampai dengan hari ke 6 yaitu antara 0.8 Volt sampai dengan 0.9 Volt, namun dari ketiga jenis substrat di atas MFC dengan substrat dari feses sapi masih menghasilkan nilai paling tinggi.

Terjadi keseimbangan nilai tegangan pada sedimen tambak udang dikarenakan oleh jenis nutrisi yang diurai oleh mikroba membutuhkan waktu yang lama sehingga tegangan yang didapatkan merupakan akumulasi elektron yang sudah ada pada sedimen tambak udang tersebut. Perubahan nilai tegangan yang signifikan mungkin akan didapatkan jika penelitian dilakukan dalam jangka waktu yang lama.

Jenis substrat dari limbah tempe dan tahu memiliki nilai tegangan yang berbeda. Nilai ini di pengaruhi oleh lamanya waktu penguraian bahan organik oleh mikroba yang ada pada substrat dimana, semakin lama waktu mikroba menguraikan bahan organik.

4.5. Aplikasi MFC pada beban dan Perhitungan Power density

peneliti mengaplikasikan MFC dengan menyalakan lampu LED sebanyak 5 buah yang dirangkai dengan rangkain *joule thief*. Penambahan rangkain *joule thief ini* untuk menaikkan atau melipatgandakan tegangan. Hal ini diperlukan peneliti karena nilai tegangan yang dihasilkan oleh MFC dibawah 3 Volt, sedangkan tegangan yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu LED adalah 3.7 Volt. Selain rangkaian *joule thief* peneliti juga menambahkan superkapasitor 2.3 Volt 4.7 Farad pada MFC, guna mengatasi kerapatan arus yang dihasilkan oleh MF sangat kecil.

hasil perhitungan *power density* dari MFC

Diketahui:

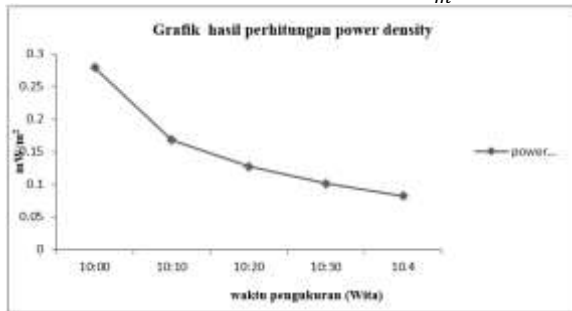
$$\begin{aligned} V &= 1.335 \text{ Volt} \\ I &= 20.1 \text{ miliamper} \\ A &= 2 \times 8 \text{ cm}^2 = 16 \text{ cm}^2 \times 6 \\ &\text{buah} = 96 \text{ cm}^2 = 0.96 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ditanya: Power Density =

$$\text{power density} \left(\frac{\text{mW}}{\text{m}^2} \right) = \frac{I(\text{mA}) \times V(\text{volt})}{A(\text{m}^2)}$$

$$\text{power density} = \frac{20.1 \times 1.335}{0.96}$$

$$\text{power density} = 27.95 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$$



Gambar 4.27 hasil perhitungan *power density* Gambar 4.27 menunjukkan bahwa nilai *power density* yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh waktu pengukuran yang terlalu singkat, sehingga energi yang tersimpan dalam super kapasitor belum optimum, mungkin dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk bisa mendapatkan hasil perhitungan seperti pada saat pertama melakukan pengukuran yaitu pada pukul 10.00 Wita.



5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Perancangan MFC dibuat menjadi tiga ruangan dengan tujuan agar dalam proses melakukan eksperimen dapat dilakukan sekaligus tanpa harus mengganti substrat berulang-ulang. Desain MFC yang dibuat masih memiliki kekurangan yaitu dimensi yang dibuat

terlalu besar sehingga banyak menyisakan ruang kosong yang tidak terisi oleh substrat.

2. Hasil eksperimen formulasi substrat MFC adalah nilai tegangan rata-rata perhari paling besar diperoleh dari formulasi substrat dengan jumlah feses sapi 100 gram, NaCl 40 gram, dan pelarut 2200 ml yaitu sebesar 1.381 Volt. Hasil pengukuran selama 6 hari menunjukkan bahwa semua jenis formulasi substrat memiliki tren yang semakin menurun sampai dengan hari ke 4 dan mulai meningkat lagi pada hari ke 5 dan ke 6. Hasil eksperimen MFC terhadap jenis substrat adalah nilai tegangan rata-rata tertinggi didapatkan dari jenis substrat feses sapi yaitu sebesar 1.084 Volt dan selanjutnya disusul oleh MFC dengan jenis substrat limbah tempe yaitu sebesar 0.886 Volt. Tegangan rata-rata paling rendah didapatkan dari MFC dengan jenis substrat dari limbah tahu yaitu 0.675 Volt.
3. Hasil eksperimen MFC terhadap waktu yang dibutuhkan mikroba bermetabolisme sehingga menghasilkan tegangan yang optimal adalah selama 12 hari pengukuran tegangan didapatkan nilai optimum pada hari ke 8 yaitu sebesar 2.995 Volt, kuat arus 0.166 Ampere, dan daya yang diserap oleh beban resistor adalah sebesar 0.498 Watt. *Power density* yang didapatkan dari aplikasi MFC dengan menyalakan beban lampu LED adalah *power density* tertinggi didapatkan pada saat pengukuran pertama yaitu sebesar 0.279 mW/m² dan hasil pengukuran selanjutnya, nilai *power density* yang didapatkan semakin menurun hingga nilai *power density* paling rendah didapatkan adalah 0.082 mW/m²

5.2. Saran

Perbaikan desain reaktor MFC yang lebih kompleks diperlukan untuk efisiensi penempatan substrat agar tidak bocor dan mengeluarkan aroma tidak sedap dikarenakan substrat yang terbuat dari limbah. Perbandingan formulasi substrat sangat perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan nilai tegangan yang optimum dan tidak menyisakan tempat yang sudah tersedia pada ruangan reaktor MFC.

Perlunya dilakukan lebih banyak jenis formulasi substrat untuk dapat lebih akurat dalam menyimpulkan jenis formulasi yang paling optimum menghasilkan tegangan dan dalam eksperimen tegangan MFC terhadap formulasi substrat hendaknya dilakukan dengan mengubah satu variabel saja agar bisa menyimpulkan hasil eksperimen yang *excellent*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arifah 2016. *Pengaruh Jenis Mikroba Terhadap Efisiensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Pada Microbial Fuel Cell (Mfc)*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya.
2. Bond T.C., Streets D.G., Yarber K.F., Nelson S.M., Woo J., Klimont Z. 2004. *A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion*. vol. 109, (hal.14203). American Geophysical Union. journal of geophysical research.
3. Fitrinaldi. 2011. *Microbial Fuel Cell sebagai Energi Alternatif Menggunakan Bakteri Escherichia coli*. Program Studi Kimia, Pascasarjana Universitas Andalas.
4. Ghangrekar. 2006. *Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cell and Electricity Generation*: Vol. 2, (hal. 1-9). Prosiding Seminar Internasional Sustainable Development Research Conference, Hong kong.
5. Ghangrekar. 2009. *Performance of Microbial Fuel Cell in Response to Change in Sludge Loading Rate at Different Anodic Feed pH*. Vol. 100, (hal. 5114-5121). Bioresource Technology.
6. Jang. 2003. *Construction and Operation of a Novel Mediator and Membrane-less Microbial Fuel Cell*. Vol. 39, (hal. 1007-1012). Process Biochemistry.
7. Kotz, R. and M. Carlen (2000). *Principles and applications of electrochemical capacitors*. Vol. 45, (hal. 2483-2498). Electrochimica Acta.
8. Logan. 2011. *Increasing Power Generation for Scaling up Single Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cells*. Vol. 102, (hal. 4468-4473). Bioresource Technology.
9. Lovley. 2006. *Bug Juice Harvesting Electricity with Microorganisms*. Vol 4: (Hal.497-506). Nature Reviews Microbiology.
10. Mench. 2008. *Fuel cell engines*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
11. Monk S. 2017. *Electroninc CookBook*. Gravensten Highway North. O'really Media.
12. Purwoko, Tjahjadi. 2007. *Fisiologi Mikrobe*. Jakarta: BumiAksara.
13. Rico. 2013. *Biolistrik Limbah Cair Perikanan Degan teknologi Microbial Fuel Cell Menggunakan Jumlah Elektroda Yang Berbeda*. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
14. Riyanto B., Maddu A., Fiirmansyah Y. 2012. *Degradasi Bahan Organik dan Pemanfaatan Arus Listrik pada Sedimen Tambak Udang Tradisional Melalui Microbial Fuel Cell*. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB.
15. Sitorus. 2010. *Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba*. Vol. 2, (hal. 10-15). Jurnal ELKHA.
16. Spiegel. 2008. *PEM Fuel Cell Modeling and Simulation Using MATLAB*, Elsevier Inc.
17. Sudaryono. 2012. *Fuel Cell, Sumber Energi Listrik yang Ramah Lingkungan*. PPPPTK BOE. Malang.
18. Thakur S.H., Patil P., Sangam S. 2017. *The Design of Microbial Fuel Cell (MFC)*. International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154.
19. Timotius K.H. 2017. *Pengolahan Air Limbah dan Produksi Listrik Secara Simultan oleh Microbial Fuel Cells (MFCS)*. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer. Universitas Kristen Krida Wacana.
20. Waluyo, Lud. 2005. *Mikrobiologi Umum*. Malang: UMM Press.
21. Zahara. 2011. *Pemanfaatan Saccharomyces cerevisiae Dalam Sistem Microbial Fuel Cell Untuk Produksi Energi Listrik*.