

PENGARUH LAMA PEMBUSUKAN NASI BASI DAN RASIO VOLUME VARIASI SUBSTRAT TERHADAP PRODUKSI ENERGI LISTRIK PADA SISTEM MFC

(THE IMPACT OF DURATION ROTTENNESS WASTE RICE AND VOLUME RATIO OF SUBSTRATE VARIATIONS TO ELECTRICAL ENERGY PRODUCTION ON MFC SYSTEM)

Indriyanti Nugroho¹, Dr. Amaliyah R.I.U., S.T., M.Si², M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si.³

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

¹indriyantingroho@telkomuniversity.ac.id ²amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

³mramdhanlankirom@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Memproduksi listrik dari bahan-bahan organik dengan *Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan salah satu konsep yang sudah ada sejak hampir 100 tahun lalu. MFC dapat dipertimbangkan sebagai salah satu energi alternatif dimana memiliki keunggulan dalam hal operasional dan fungsional secara teknologi untuk menghasilkan energi dari bahan organik saat ini. Pada penelitian ini telah dilakukan variasi rasio volume sedimen lumpur sawah, nasi basi, dan aquades untuk mengetahui variasi optimum. Selain dilakukan variasi rasio volume, pada penelitian ini juga telah dilakukan analisis mengenai lama pembusukan nasi. Hasil yang diperoleh dari lama pembusukan nasi basi selama 5 hari memiliki tegangan serta arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Namun pada pembusukan selama 3 hari memiliki grafik yang cenderung stationer, hal tersebut diakibatkan karena sel masih mengalami fase stationer. Pada pengukuran rasio volume didapatkan hasil bahwa dengan penambahan aquades tidak berpengaruh pada peningkatan produksi energi listrik yang dihasilkan karena dengan penambahan aquades, mengakibatkan berkurangnya bahan organik serta sumber bakteri yang ada.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell*, rasio volume, nasi basi

Abstract

Producing electricity from organic materials with Microbial Fuel Cell (MFC) is one of a concept that has been around for almost 100 years. MFC is the alternative energy that has advantages in operation and function technologically for producing energy using organic materials on this day. In this research, the volume ratio of rice field mud sediment, waste rice, and aquadest had been varied in order to know the optimum composition. Besides the variation of volume ratio, this study also analyzes the duration rottenness of waste rice. The result from the duration of rottenness waste rice for 5 days has the highest current rather than the other duration. However on rottenness for 3 days has a stationary graph. It is because of the cell is still undergoing stationary phase. On the measurement of volume ratio obtained that the addition of aquadest has no effect on the increase in the production of electrical energy because it decreased the organic materials also the source of bacteria.

Keywords: *Microbial Fuel Cell, volume ratio, waste rice*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi nasional hingga tahun 2050 diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi, penduduk, kebijakan pemerintah serta harga energi itu sendiri. Laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% per tahun serta dengan laju pertumbuhan PDB atau Produk Nasional Bruto sebesar 6,04% per tahun selama tahun 2016-2050 mengakibatkan laju pertumbuhan energi final meningkat sebesar 5,3% per tahun. Sehingga kebutuhan energi meningkat dari 795 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 4.596 juta SBM pada tahun 2050. Banyaknya kebutuhan energi final pada tahun 2050 diantaranya adalah bahan bakar minyak (BBM) yakni sebesar 40,1%, diikuti oleh listrik 21,3%, gas 17,7%, batu bara 11%, dan sisanya meliputi LPG, *biofuel* serta biomassa masing-masing di bawah 4% [1]. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa peranan BBM masih sangat tinggi jika dibandingkan dengan *biofuel*. Maka dari itu, dibutuhkan pengembangan mengenai energi alternatif untuk meningkatkan sumber energi serta memperkaya keanekaragaman sumber energi.

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan salah satu konsep yang sudah ada sejak hampir 100 tahun yang lalu. Salah satu energi alternatif berupa bioreaktor yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan memanfaatkan interaksi bakteri yang ada pada medium organik. Sifat dari bakteri yang dapat mendegradasi medium organik dalam kondisi anaerob menghasilkan elektron dan proton sehingga menimbulkan

potensial listrik kemudian dapat menghasilkan energi listrik [2]. Meskipun minat pada penelitian MFC relatif tinggi, akan tetapi permasalahan saat ini sistem MFC belum sepenuhnya bekerja secara optimal karena biaya sumber energi lain tetap rendah sedangkan MFC yang tersedia masih dinilai kurang efisien dan stabil dalam jangka panjang. Namun saat ini, berbagai studi telah dilakukan untuk meningkatkan produksi energi listrik pada sistem MFC.

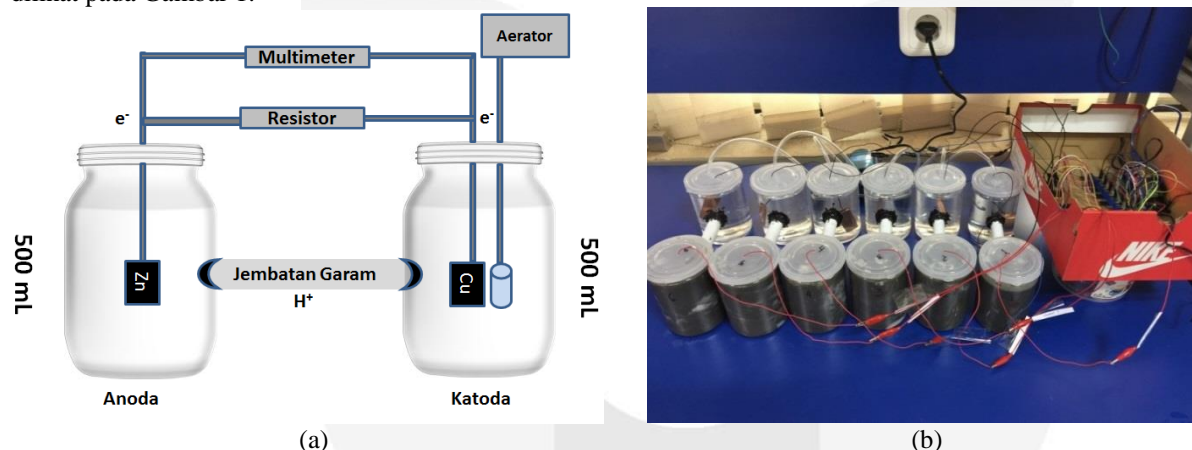
Lumpur sawah dapat dijadikan substrat pada sistem MFC karena mengandung senyawa organik yang terdapat bakteri elektrokimia aktif atau *exoelectrogens* sehingga dapat dijadikan sumber tegangan listrik [3]. Selain itu, lumpur sawah dapat dengan mudah ditemui dan tidak memerlukan biaya yang cukup banyak. Selain lumpur sawah, penambahan nasi basi diperlukan sebagai pembentuk glukosa untuk mendapatkan elektron dan proton karena dalam satu gram nasi terdapat kandungan karbohidrat sekitar 40-50% yang akan di metabolisme bakteri asam laktat menjadi glukosa menurut Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2014) [4].

Untuk meningkatkan produksi listrik yang dihasilkan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai substrat baik jenis maupun variasi. Adapun pada penelitian tugas akhir ini, hal yang menjadi bahasan utama adalah analisis rasio volume sedimen lumpur sawah, nasi basi dan aquades. Namun pengaruh lama pembusukan nasi basi perlu diperhatikan dan diujikan sehingga diharapkan hal ini mampu menganalisa bagaimana menghasilkan energi listrik yang stabil dan optimal serta menjadikan sistem MFC yang akan dibuat mampu berperan sebagai energi yang ramah lingkungan dan efisien dalam menangani pengolahan limbah.

2. Metode Penelitian

2.1 Tahap Konstruksi Sistem MFC

Pada tahap konstruksi rangkaian reaktor sistem MFC ini mengacu pada penelitian T. Nuzul Akbar (2017). MFC terdiri dari dua kompartemen yaitu kompartemen anoda dan kompartemen katoda [5]. Kompartemen anoda merupakan kompartemen dimana substrat ditampung sedangkan kompartemen katoda diisi dengan larutan aquades serta penambahan *aerator* sebagai suplai oksigen. Kedua kompartemen tersebut dirancang menggunakan wadah toples dengan volume yang dapat ditampung sekitar 500 mL. Konstruksi sistem MFC dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 (a) Konstruksi alat yang akan digunakan, (b) Alat yang digunakan pada penelitian

2.2 Preparasi Eksperimen

a. Preparasi Elektroda

Material elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah lempengan seng (Zn) dan lempengan tembaga (Cu). Luas permukaan dari tiap sisi elektroda sebesar 10 cm^2 untuk tiap sisinya. Sebelum pemakaian, elektroda diamplas untuk membersihkan zat pengotor maupun *biofilm* yang terletak pada permukaan elektroda [5].

b. Preparasi Jembatan Garam

Pembuatan jembatan garam dilakukan dengan merendam sumbu kompor berukuran 12 cm ke dalam larutan NaCl. Larutan NaCl dibuat menggunakan senyawa NaCl 1 M ke dalam air mendidih selama 15 menit [5].

c. Preparasi Substrat

Proses pengambilan sedimen lumpur sawah berada di sawah kawasan Universitas Telkom. Sebelum proses pengambilan, sawah diperiksa menggunakan *multiparameter Hanna Instruments* tipe HI9811-5 untuk mengecek pH, temperatur, EC dan TDS. Selanjutnya preparasi nasi basi dibuat dengan keadaan yang sama pada setiap pembuatannya. Nasi basi ini akan dicampurkan ke dalam sistem MFC dengan variasi lama pembusukan dan variasi rasio volume.

2.3 Tahap Eksperimen Sistem MFC

Eksperimen atau pengujian pertama ialah pengaruh lama pembusukan nasi basi terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan pada sistem MFC. Pada Tabel 1 ditunjukkan mengenai enam variasi lama pembusukan. Rasio volume yang digunakan antara lumpur sawah dan nasi basi ialah 1:1 pada reaktor yang berukuran 500 mL. Pengujian dilakukan selama 5 hari dengan pengambilan data tegangan dan arus dilakukan setiap 2 jam sekali.

Tabel 1 Variasi Lama Pembusukan Nasi Basi

Reaktor	Anoda			Katoda
	Sedimen lumpur sawah (mL)	Nasi basi (mL)	Lama pembusukan nasi basi (Hari)	Aquades (mL)
1	250	250	2	500
2	250	250	3	500
3	250	250	4	500
4	250	250	5	500
5	250	250	6	500
6	250	250	7	500

Selanjutnya, pada tahap ini, dilakukan variasi jenis substrat antara sedimen lumpur sawah, nasi basi dan aquades. Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa terdapat enam variasi rasio volume substrat dengan lama pembusukan nasi basi mengacu pada percobaan sebelumnya. Percobaan ini dilakukan selama sepuluh hari dengan pengambilan data tegangan serta kuat arus listrik setiap dua jam sekali selama 10 hari.

Tabel 2 Variasi Rasio Volume Substrat pada Sistem MFC

Reaktor	Anoda			Katoda
	Sedimen lumpur sawah (mL)	Nasi basi (mL)	Lama pembusukan nasi basi (Hari)	Aquades (mL)
1	250	250	2	500
2	250	250	3	500
3	250	250	4	500
4	250	250	5	500
5	250	250	6	500
6	250	250	7	500

2.4 Pengukuran Tegangan (V) dan Kuat Arus (I) pada Sistem MFC

Dalam penelitian ini, pengambilan data tegangan (V) dan kuat arus (I) dilakukan menggunakan *Multimeter*. Dari hasil pengukuran tegangan serta kuat arus listrik yang dihasilkan, diperoleh nilai *power density* dan energi listrik dengan persamaan berikut :

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

$$P_d = \frac{P}{A} \quad (2)$$

$$E = \sum P.\Delta t \quad (3)$$

Keterangan :

P = Daya listrik (Watt)

I = Kuat arus listrik (Ampere)

A = Luas penampang (m²)

P_d = Power density (Watt/m²)

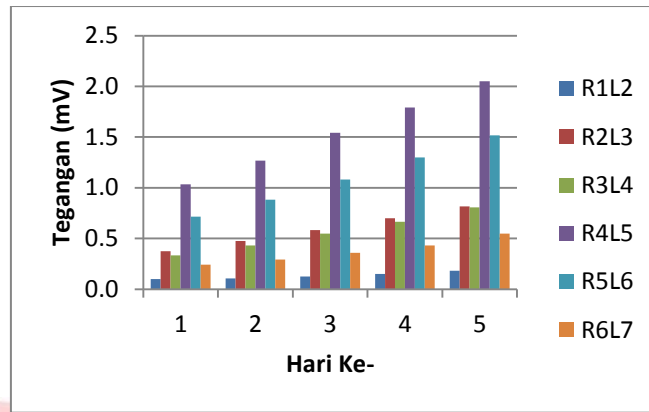
E = Energi listrik (Joule)

Δt = Waktu (sekon)

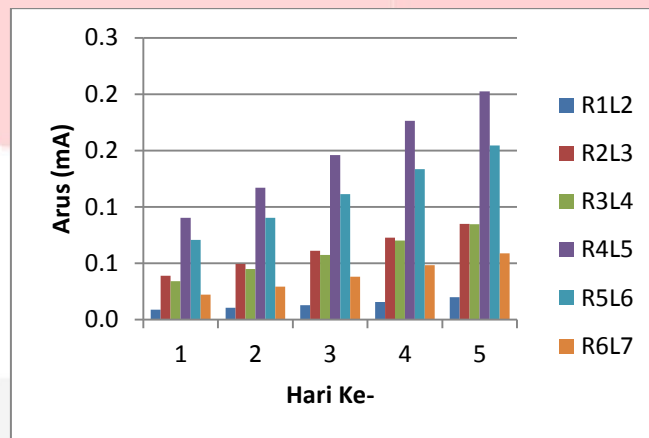
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada Variasi Lama Pembusukan Nasi Basi

Pengukuran tegangan dan arus pada sistem MFC menggunakan *multimeter Sanwa* tipe CD800a . Pada penelitian ini, sistem MFC yang digunakan diberikan beban eksternal berupa resistor 10 Ω. Adapun hasil pengukuran tegangan dan arus sistem yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

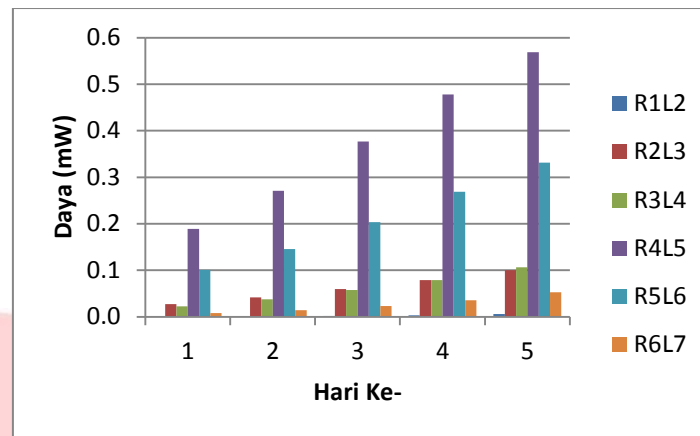


Gambar 2 Diagram pengukuran tegangan rata-rata per-hari pada variasi lama pembusukan



Gambar 3 Diagram pengukuran arus rata-rata per-hari pada variasi lama pembusukan

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 tersebut menunjukkan tegangan serta arus rata-rata per-hari yang dihasilkan dari lama pembusukan nasi basi. Pengukuran tegangan dan arus tersebut dihasilkan dari 6 reaktor yang berbeda-beda. Perbedaan yang dihasilkan pada setiap reaktor menandakan bahwa adanya pengaruh lama pembusukan nasi basi terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem MFC ini. Dari hasil pengukuran diketahui tegangan dan arus yang dihasilkan pada reaktor R4L5 (R = Reaktor, L = Lama pembusukan nasi basi), menghasilkan tegangan dan arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor yang lainnya. Pencampuran antara lumpur sawah dan nasi basi yang telah mengalami pembusukan selama 5 hari menghasilkan tegangan dan arus rata-rata tertinggi sebesar 2.1 mV dan 0.2 mA pada hari ke 5 pengukuran. Hal ini diindikasikan bahwa jamur merupakan flora termofilik yang dapat muncul pada waktu 5 sampai dengan 10 hari (Latifah, dkk, 2012), sehingga diasumsikan hal ini berpengaruh dengan hasil tegangan serta arus yang dihasilkan [6]. Perolehan data yang berbeda pada setiap reaktor diasumsikan karena adanya interaksi atau persaingan antar bakteri dalam mendekomposisi kandungan senyawa organik. Peningkatan maupun penurunan tegangan dan arus listrik memiliki keterkaitan dengan TEA (*Terminal Electron Acceptor*) seperti oksigen, nitrit, nitrat, sulfat yang berdifusi melalui sel kemudian elektron tersebut ditangkap oleh anoda dan proton menuju katoda sehingga menghasilkan biolistrik (Agustin dan Irwan, 2014) [7]. Dapat dilihat bahwa diagram untuk reaktor R2L3 memiliki perolehan data yang lebih stasioner dibandingkan dengan reaktor lainnya dimana jumlah bakteri hidup dan bakteri mati dalam keadaan setimbang sehingga tidak terjadi perubahan tegangan maupun arus yang signifikan [8]. Sehingga, hal ini dapat dipertimbangkan untuk menjadi acuan pada penelitian selanjutnya untuk menghasilkan energi listrik yang cukup panjang.



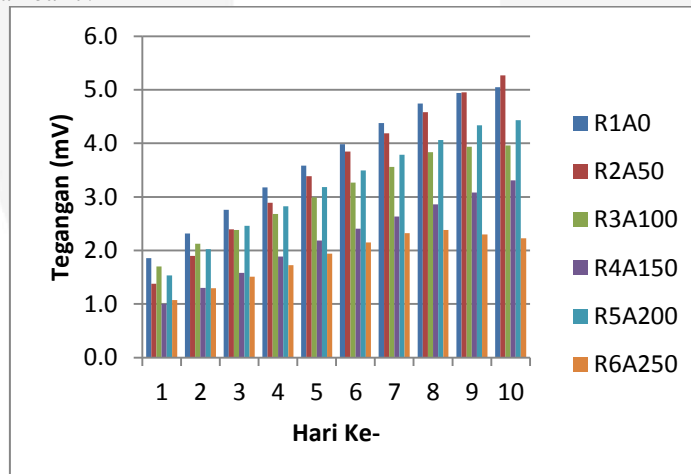
Gambar 5 Diagram pengukuran daya rata-rata per-hari pada variasi lama pembusukan

Pada Gambar 5 pengukuran daya dari MFC ini dihitung menggunakan persamaan 3.1. dengan menggunakan hambatan 10Ω , daya maksimum rata-rata yang didapat yaitu sebesar 0.6 mW pada R4L5. Sehingga dengan data yang didapat, akan menjadi acuan pada percobaan selanjutnya pada variasi rasio.

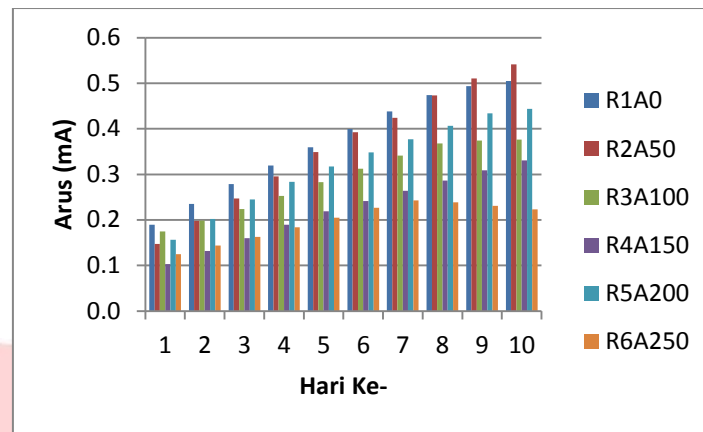
4.3 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada Rasio Substrat

Setelah pengujian pengaruh lama pembusukan nasi basi, selanjutnya dilakukan percobaan variasi volume lumpur sawah, nasi basi dan aquades dengan komposisi yang terdapat pada Tabel 2. Referensi lama pembusukan nasi basi 3 hari ini didapat dari percobaan sebelumnya karena grafik yang dihasilkan lebih stasioner dibandingkan dengan lama pembusukan yang lain. Nasi basi dibuat dengan komposisi yang sama dengan percobaan sebelumnya. Kemudian nasi dimasukan ke dalam toples dan didiamkan selama 3 hari. Pengecekan lumpur sawah yang akan diuji memiliki pH sebesar 8.1, temperatur 24.5, EC bernilai $580 \mu\text{S}/\text{cm}$ dan TDS bernilai $280 \text{ mg}/\text{L}$.

Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan *Multimeter Sanwa* tipe CD800a. Pada penelitian ini, sistem MFC yang digunakan diberikan beban eksternal berupa resistor 10Ω . Tegangan dan arus diukur setiap dua jam selama 10 hari. Adapun hasil pengukuran tegangan dan arus sistem yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



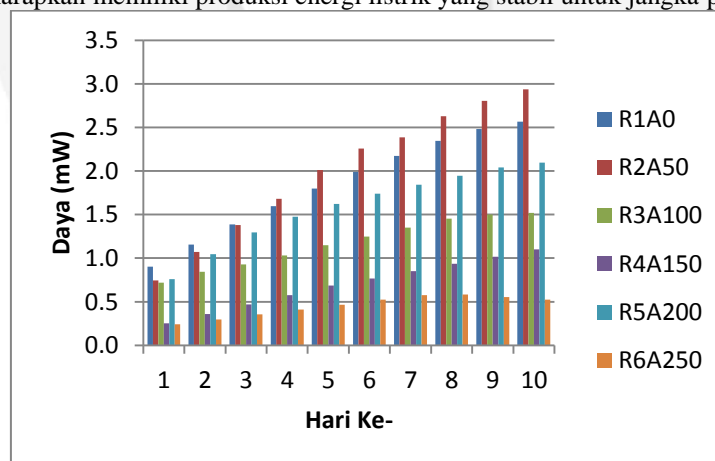
Gambar 6 Diagram pengukuran tegangan rata-rata per-hari pada variasi rasio volume



Gambar 7 Diagram pengukuran arus rata-rata per-hari pada variasi rasio volume

Pada kedua gambar tersebut menunjukkan hasil dari tegangan serta arus dari percobaan rasio volume dari lumpur sawah, nasi basi dan aquades. Variasi tersebut dibedakan di 6 reaktor yang berbeda. Jika dilihat dari rata-rata nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dari percobaan tersebut, bahwa pada R1A0 (R = Reaktor, A = Penambahan aquades) memiliki tegangan dan arus rata-rata yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan reaktor lainnya dengan pencampuran antara lumpur sawah sebanyak 250 dan nasi basi sebanyak 250 mL dengan penambahan aquades sebanyak 0 mL dengan nilai 5.1 mV dan 0.5 mA pada hari ke-10. Dari diagram tersebut bahwa dengan penambahan aquades pada variasi rasio volume, tidak berpengaruh pada peningkatan tegangan maupun arus listrik yang dihasilkan atau bahkan lebih kecil produksinya jika dibandingkan dengan tidak menambahkan aquades. Hal ini diakibatkan ketika ditambahkan aquades, maka sumber bahan organik serta bakteri yang ada menjadi lebih sedikit. Berbeda dengan komposisi hanya lumpur sawah dan nasi basi, sumber bahan organik serta bakteri yang ada lebih banyak dibandingkan dengan penambahan aquades. Selain itu, menurut Lee *et al* (2010), bahwa transfer eletron dari elektroda ke sel bakteri mengalami kenaikan ketika terdapat tambahan glukosa. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa efisiensi transfer elektron sebanding dengan jumlah sel bakteri yang melakukan kontak dengan permukaan elektroda [9]. Menurut Logan (2008), produksi energi listrik akan mengalami penurunan ketika tidak ada senyawa organik yang terisisa untuk di oksidasi.

Sehingga, percobaan rasio volume untuk sedimen lumpur sawah dan nasi basi selama 3 hari, tidak membutuhkan aquades untuk meningkatkan produksi energi listrik yang dihasilkan. Ketika sudah didapatkan bahwa pembusukan selama 3 hari memiliki grafik yang stasioner dan rasio volume lumpur sawah dan nasi basi 1:1, maka sebagai gantinya dapat menggunakan sistem kontinu untuk pengisian dan pembuangan bahan bakar (substrat) sehingga diharapkan memiliki produksi energi listrik yang stabil untuk jangka panjang.



Gambar 8 Pengukuran daya MFC pada rasio perbandingan

Pengukuran daya dari MFC ini dihitung menggunakan persamaan (1). Dengan menggunakan hambatan 10 Ω , daya terbesar rata-rata yang didapat yaitu sebesar 2.6 mW pada R1A0. Hal ini disebabkan tegangan pada R1A0 besar dan daya berbanding lurus dengan tegangan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Lama pembusukan nasi basi pada sistem MFC berpengaruh terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan. Tegangan dan arus rata-rata perhari terbesar memiliki nilai 2.1 mV dan 0.2 mA pada hari ke 5 pengukuran. Selain itu, lama pembusukan nasi basi selama 3 hari memiliki grafik yang lebih stationer jika dibandingkan dengan lama pembusukan yang lain.
2. Penambahan aquades pada variasi rasio substrat antara lumpur sawah, nasi basi, dan aquades tidak mempengaruhi produksi energi listrik yang dihasilkan. Penurunan produksi energi listrik yang dihasilkan disebabkan karena dengan penambahan aquades akan mengurangi rasio substrat yang ada pada sistem MFC dan mengakibatkan menurunnya pula sumber bahan organik serta bakteri.

Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian MFC berikutnya ialah :

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jumlah maupun koloni bakteri yang terkandung.
2. Pengukuran tegangan dan arus sebaiknya dibuat I-V meter yang terapat *data logger* sehingga jika pengukuran memiliki waktu yang cukup panjang dan ditambahkan *amplifier* agar tegangan dan arus yang kecil dapat terbaca.
3. Sebaiknya untuk mengembangkan produksi energi listrik yang dihasilkan, dibutuhkan sistem kontinu agar dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim Penulis BPPT. 2018. *Outlook Energi Indonesia 2018 : Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE). Halaman : 10
- [2] Lovely DR. 2006. Microbial fuel cells : novel microbial physiologies and engineering approaches. *Curr Opin Biotech*;17:327-32.
- [3] Rahimnejad, Mostafa., Arash Adhami, Soheil Darvari, Alireza Zirepour, Sang-Eun Oh. 2015. *Microbial Fuel Cell as New Technology for Bioelectricity generation : A review*. Alexandria Engineering Journal : El Seiver.
- [4] Timotius, K. H. 2017. *Pengolahan Air Limbah dan Produksi Listrik secara Stimultan oleh Microbial Fuel Cell*. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer, vol VI, no. 2, pp. 113-114.
- [5] Akbar,T.Nuzul.. 2017. *Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik*. Skripsi. FTE Universitas Telkom, Bandung.
- [6] Sriyundiyati, Ni Putu., Supriadi dan Siti Nuryanti. 2013. *Pemanfaatan Nasi Basi Sebagai Pupuk Organik Cair dan Aplikasinya Untuk Pemupukan Tanaman Bunga Kertas Orange (Bougainvillea spectabilis)*. Universitas Tadulako, Palu-Indonesia.
- [7] Hermayanti, Agustin., Irwan Nugraha. 2014. *Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- [8] Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energy Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacilus bulgaricus*. Depok: Universitas Indonesia.
- [9] Lee, Seung Won Jeon, Bo Young. Park, Doo Hyun. 2010. *Effect of Bacterial Cell Size on Electricity Generation in a Single-Compartmented Microbial Fuel Cell*. *Biotechnol Lett* 32 : 483-487.