

PENGARUH RASSIO MASSA DAN WAKTU INKUBASI TERHADAP LIMBAH CAIR TAHU DENGAN CAMPURAN LUMPUR SAWAH SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN SISTEM *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC)

THE EFFECT OF MASS RATIO AND INCUBATION TIME ON TOFU LIQUID WASTE WITH A MIXTURE OF RICE FIELDS SLUDGE AS A SOURCE OF ELECTRICAL ENERGY THROUGH MICROBIAL FUEL CELL

Elsa Nuramanah Ramdani¹, M. Ramdhan Kirom², Amaliyah R.I.U³

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

¹elsanramdani@student.telkomuniversity.ac.id, ²mramdhanikirom@telkomuniversity.ac.id,
³amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penelitian sistem *Microbial fuel cell* (MFC) dari limbah cair tahu dan lumpur sawah yang bertujuan memanfaatkan limbah cair tahu dengan pengaruh variasi rasio massa terhadap sumber energi listrik. Sistem *Microbial fuel cell* (MFC) menggunakan sistem dual chamber yaitu bagian katoda dan anoda, jembatan garam sebagai penukar proton. Larutan aquades pada ruangan katoda dengan elektroda yang digunakan adalah lempeng logam seng (Zn) dan lempeng tembaga (Cu). Penelitian menggunakan variasi pengaruh rasio massa terhadap limbah cair tahu dengan campuran lumpur sawah dikawasan Kampung Cihamerang dengan rasio massa 1:1, 3:1, 1:3. Pada variasi inkubasi 4 hari dan 8 hari. Pada rasio massa variasi 1:1 dengan waktu inkubasi 4 hari menghasilkan arus 1,261 mA pada titik jam 22 dan dihasilkan tegangan sebesar 0,877 volt pada titik jam 44. Selain dilakukan variasi rasio massa pada penelitian ini dilakukan analisis mengenai lamanya inkubasi pada limbah cair tahu. Hasil penelitian menunjukkan pada rasio massa dengan perbandingan 1:1 dengan waktu inkubasi selama 8 hari didapatkan arus 1,581 mA terjadi pada titik jam 2 dan nilai tegangan 0,873 pada titik jam 16. Ketika bakteri yang terkandung pada substrat habis maka nilai tegangan dan arus akan mengalami penurunan. Dapat disimpulkan dengan variasi rasio massa 1:1 dan waktu lamanya inkubasi 8 hari mampu menghasilkan nilai sumber energi tertinggi.

Kata kunci : *Microbial Fuel Cell*, lumpur sawah, limbah cair tahu.

Abstract

Research on Microbial fuel cell (MFC) system from liquid waste tofu and rice field sludge which aims to utilize tofu liquid waste with the effect of mass ratio variation to electrical energy sources. The Microbial fuel cell (MFC) system uses a dual chamber system, namely the cathode and anode parts, the salt bridge as a proton exchanger. The distilled water solution in the cathode chamber with the electrodes used was zinc (Zn) and copper (Cu) plates. The research used variations in the effect of mass ratio to tofu liquid waste with a mixture of lowland sludge in the Cihamerang area with a mass ratio of 1: 1, 3:1, 1: 3. At a mass ratio of 1: 1 variation with an incubation time of 4 days, it produces a current of 1.261 mA at 22 o'clock and a voltage of 0.877 volts is produced at 44 o'clock. In addition to the mass ratio variation in this study, an analysis was carried out regarding the length of incubation in tofu liquid waste. The results showed that the mass ratio with a ratio of 1: 1 with an incubation time of 8 days obtained a current of 1.581 mA at 2 o'clock and a voltage value of 0.873 at 16 o'clock. When the bacteria contained in the substrate run out, the voltage and current values will be decrease. It can be concluded that the variation in the mass ratio of 1: 1 and the incubation time of 8 days is able to produce the highest energy source value.

Keywords: *Microbial Fuel Cell*, paddy mud, tofu liquid waste

1. Pendahuluan

Dengan seiringnya pertumbuhan masyarakat Indonesia saat ini sangat memiliki ketergantungan pada energi bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil sebagai energi yang tidak dapat diperbaharui dan seiring waktu akan menipis bahkan tidak tersedia kembali. Banyak masyarakat yang sadar bahwa ketergantungan terhadap bahan bakar fosil harus segera dikurangi dan beralih pada bahan bakat alternatif. Di Indonesia sangat banyak industri yang mengolah kacang kedelai. Salah satu olahan kedelai yaitu olahan tahu. Dalam pengolahan tahu tidak semua dimanfaatkan dengan baik menjadi olahan tahu, sebagian menjadi limbah padat dan limbah cair. Limbah padat biasanya digunakan untuk pakan ternak dan limbah cair. Limbah tersebut dibuang begitu saja

ke sungai dan gorong – gorong. Limbah cair mengandung bahan zat organik tinggi bisa berdampak buruk yang dapat mengakibatkan menurunnya daya dukung lingkungan [1].

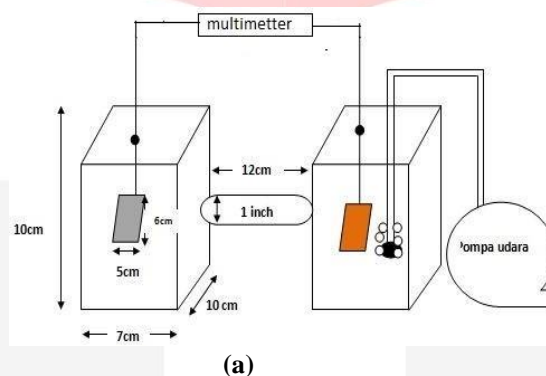
Microbial fuel cell (MFC) merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan mikroorganisme anaerob sebagai katalis untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik. MFC sebagai energi yang ramah akan lingkungan dan sebagai energi yang berkelanjutan. Pada pembuatan sistem MFC ini menggunakan rangkaian sistem *dual chamber* terdiri dari reaktor anoda sebagai tempat substrat limbah cair tahu dengan campuran lumpur sawah dan pada reaktor katoda terdapat larutan elektrolit. Setiap reaktor dihubungkan dengan jembatan garam berguna untuk penukar proton.

Pada penelitian ini ingin mengetahui pengaruh variasi rasio massa dan waktu inkubasi pada substrat limbah cair tahu dengan campuran lumpur sawah. Hal ini mungkin dapat berpengaruh pada nilai hasil tegangan, arus, dan produksi energi listrik yang optimal dan bisa menjadi energi yang stabil.

2. Metode Penelitian

1. Tahapan Pembuatan Rangkaian Sistem MFC

Tahapan pembuatan rangkaian MFC menggunakan sistem *dual chamber* terdiri dari ruang anoda dan ruang katoda yang dihubungkan dengan jembatan garam. Pada bagian katoda diisi dengan larutan elektrolit yang berupa larutan aquades dan suplai oksigen dari *aerator*. Sedangkan untuk bagian anoda diisi dengan limbah cair tahu dicampurkan dengan lumpur sawah. Reaktor dibuat menggunakan bahan akrilik dengan kapasitas volume 500 mL. Elektoda anoda dihubungkan dengan kutub negatif pada multimeter disambungkan dengan caput buaya dan elektroda katoda dihubungkan dengan kutub positif pada multimeter disambungkan dengan caput buaya, untuk mengetahui nilai tegangan (V) dan arus (I).



Gambar (a) Rancangan Alat MFC

2. Tahapan preparasi Alat Elektroda

Pada Elektroda Lempeng tembaga (Cu) berada pada ruang katoda dan Lempengan seng (Zn) akan dipakai pada bagian anoda. Untuk luas permukaan elektroda yaitu sebesar 15 cm^2 .

3. Tahapan Preparasi Jembatan Garam

Jembatan garam menggunakan sumbu kompor yang telah direndam terlebih dahulu menggunakan larutan NaCl kemudian dikeringkan. Sumbu kompor yang sudah kering disatukan sampai padat dan dimasukan kedalam pipa PVC yang berfungsi untuk penghubung bagian katoda dan anoda menjadi lebih kokoh dan terlindung dari faktor luar.

4. Tahapan Preparasi Substrat

Tahapan preparasi substrat yaitu dilakukannya waktu inkubasi limbah cair tahu. Inkubasi pada penelitian ini yaitu dimana substrat yang sudah diambil dari pabrik tahu di simpan atau didiamkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian, substrat limbah cair tahu disimpan pada tempat yang tertutup dan pada suhu ruangan agar terjadinya penguraian. Pengambilan limbah cair tahu dibagi menjadi dua, yang pertama limbah cair tahu diambil untuk waktu inkubasi selama 8 hari dan 4 hari, substrat yang akan dilakukan pengujian dicampurkan dengan lumpur sawah.

2.5 Tahapan Eksperimentasi Substrat

Eksperimen Pada Substrat limbah cair tahu dengan tambahan lumpur sawah dilakukan 3 variasi rasio massa dan 2 variasi waktu inkubasi. Variasi rasio massa yang di bedakan menjadi tiga yaitu 1:1, 3:1 dan 1:3 dengan waktu inkubasi selama 4 hari. Untuk variasi waktu inkubasi 4 hari dan 8 hari variasi rasio massa 1:1.

Tabel 1 variasi substrat pada sisite MFC

reaktor	Waktu inkubasi	Anoda		Katoda
		Limbah cair tahu	lumpur	Akuades
I	4 hari	250 mL	250 mL	500 mL
2	4 hari	125 mL	375 mL	500 mL
3	4 hari	375 mL	125 mL	500 mL
4	8 hari	250 mL	250 mL	500 mL

2.6. Tahapan Pengukuran Tegangan dan arus

Untuk mengetahui nilai tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan dari sistem MFC menggunakan 1 multimeter pengambilan data dilakukan setiap 2 jam sekali selama 7 hari, elektroda pada ruang anoda dihubungkan dengan kutub negatif pada multimeter dengan bantuan capit buaya dan elektroda pada ruang katoda dihubungkan dengan kutub positif pada multimeter dengan bantuan capit buaya. Konfigurasi tersebut untuk mengukur tegangan terlebih dahulu setelah tegangan selesai maka multimeter dimatikan dan dinyalakan kembali tetapi indikator dipindahkan pada bagian pengukuran arus.

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

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

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

Keterangan :

P = daya listrik (watt)

I = kuat arus (ampere)

V = tegangan (Volt)

Pd = *power density* / rapat daya (watt/m²)

A = luas penampang (m²)

E = energi listrik (joule)

t = waktu (sekon)

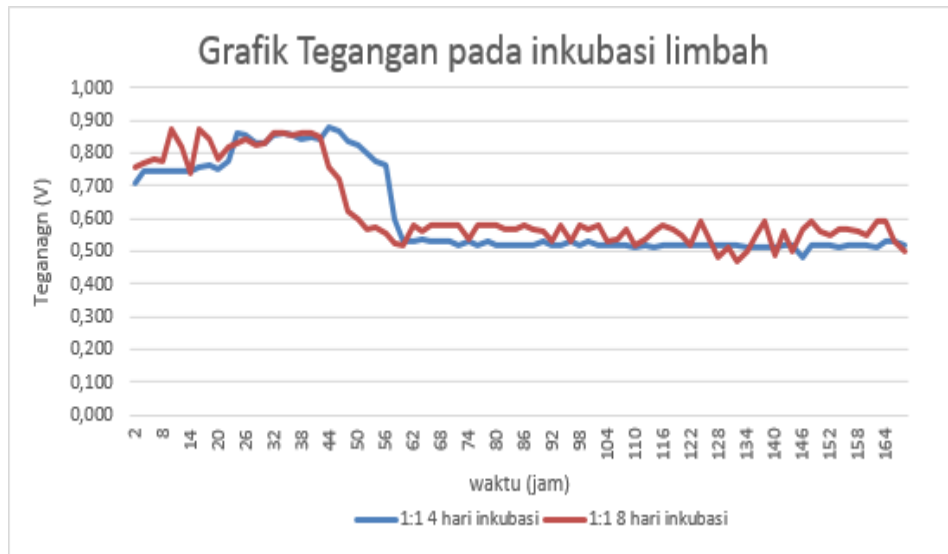
3 Hasil dan Pembahasan

1. Tegangan Dan Kuat Arus pada waktu inkubasi

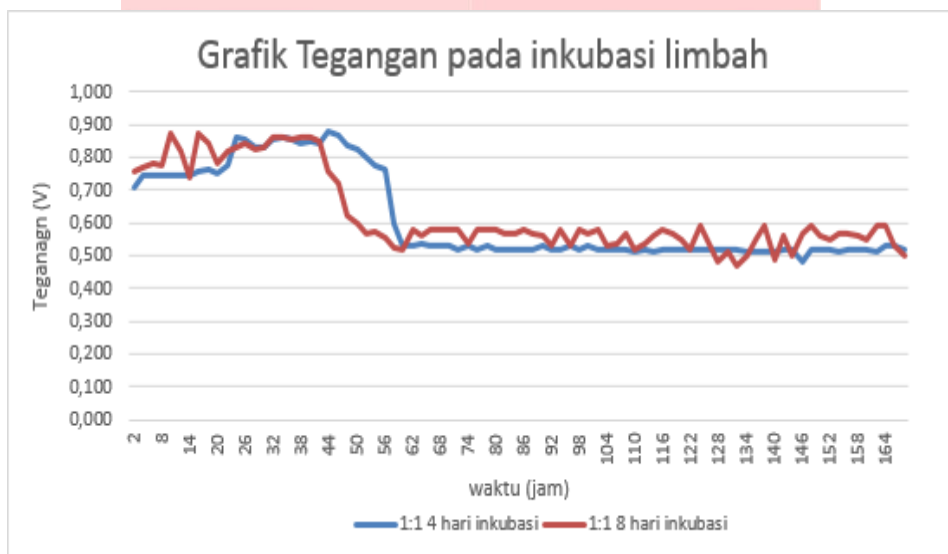
Pada percobaan ini dilakukan selama 7 hari dengan pengambilan data setiap 2 jam sekali, pengukuran tegangan dan arus menggunakan 1 multimeter *Nakai* tipe DT850L. Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini tidak menggunakan hambatan listrik eksternal atau resistor sehingga tegangan yang dihasilkan dikatakan tegangan sirkuit terbuka atau *Open Circuit Voltage* dan nilai kuat arus yaitu sebagai arus sirkuit terbuka *Short Circuit Current* [2].

Tabel 1 variasi waktu inkubasi

Reaktor (R)	Waktu inkubasi substrat (i)	variasi
Reaktor 1	4 hari	2:2
Reaktor 4	8 hari	2:2



(a) Grafik hasil pengukuran tegangan pada inkubasi limbah



(b) Grafik hasil pengukuran Arus pada inkubasi limbah

Dapat dilihat pada Gambar (a) dan Gambar (b) menunjukkan grafik tegangan dan arus. Waktu inkubasi yaitu selama 4 hari dan 8 hari. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai tegangan maksimal yang diperoleh dari hasil inkubasi pada sistem MFC ini yaitu reaktor 1 lebih besar dibandingkan dengan reaktor 2, di mana hasil pada reaktor 1 pada titik jam 44 menunjukkan nilai terbesar yaitu 0,877 Volt dengan waktu inkubasi selama 4 hari. Sedangkan untuk nilai arus maksimal yang dihasilkan terdapat pada reaktor 4 yaitu sebesar 1,581 mA pada jam 2 dengan waktu inkubasi 8 hari.

Pada grafik Arus dengan waktu inkubasi selama 8 hari lebih besar dibandingkan dengan waktu inkubasi selama 4 hari. Arus mengalami peningkatan dengan seiringnya waktu inkubasi limbah cair tahu itu sendiri, di mana kandungan bakteri semakin banyak dan mengandung sumber bahan organik. Jamur merupakan flora termoflik yang muncul pada saat hari ke-5 sampai hari ke 10, (Latifah,dkk,2012), maka hal ini dapat berpengaruh pada hasil nilai arus yang didapatkan [3]. Pada setiap reaktor nilai arus berbeda-beda dapat diasumsikan karena adanya persaingan atau interaksi antar bakteri dalam mengdekomposisikan kandungan senyawa organik. Peningkatan maupun penurunan nilai tegangan dan arus listrik berkaitan dengan TEA (*Terminal Electron Acceptor*) seperti Nitrat, Nitrit, Sulfat, dan Oksigen yang berdifusi melalui sel di mana elektron akan ditangkap oleh anoda dan proton menuju katoda yang akan menghasilkan biolistrik [4].

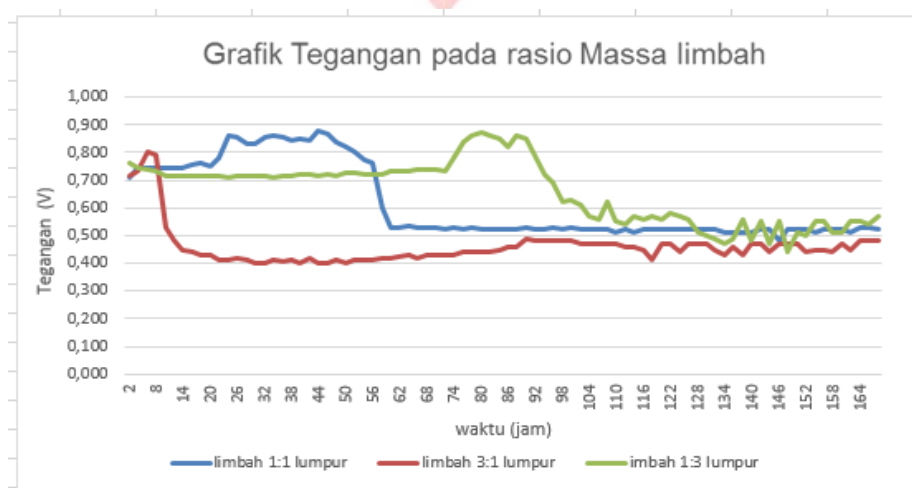
2.3 Hasil Pengukuran Tegangan Dan kuat Arus pada Rasio Massa

Tabel (2) variasi rasio massa

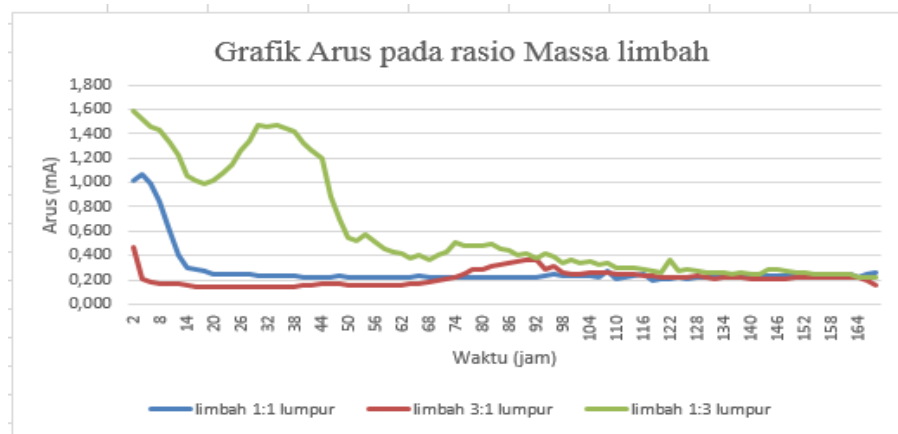
Reaktor (R)	Waktu inkubasi substrat (i)	variasi
Reaktor 1	4 hari	2:2
Reaktor 2	4 hari	3:1
Reaktor 3	4 hari	1:3

Setelah pengujian lamanya inkubasi limbah cair tahu,selanjutnya dilakukan percobaan yaitu variasi rasio massa limbah cair tahu dan lumpur. Pada percobaan ini dilakukan selama 7 hari dengan pengambilan data perdua jam sekali dengan mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan pada masing-masing reaktor menggunakan *multimeter digital*. Terdiri dari 3 reaktor dengan variasi rasio massa substrat yang terdapat pada Tabel 2 pada reaktor yang mampu menampung 500 mL limbah cair tahu yang sudah diinkubasi dengan waktu yang sama yaitu 4 hari dicampurkan dengan lumpur sawah sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan pada setiap reaktor.

Multimeter nakai tipe DT850L digunakan untuk mengukur tegangan dan arus. Pada pengukuran ini tidak menggunakan beban atau resistor. Pengambilan data tegangan dan arus diukur setiap dua jam sekali selama 7 hari.



(c) Grafik hasil pengukuran tegangan pada rasio massa limbah



(d) Grafik hasil pengukuran rapat daya pada rasio massa limbah

pada Gambar (a) dan (b) menunjukan hasil dari tegangan dan arus terhadap percobaan variasi rasio massa dari limbah cair tahu dengan penambahan lumpur sawah. variasi tersebut dibedakan menjadi 3 reaktor. Dari hasil yang telah diperoleh nilai tegangan dan arus bahwa pada reaktor 1 dengan perbandingan limbah 250 mL dan lumpur 250 mL menghasilkan nilai tegangan paling tinggi yaitu 0,877 Volt pada titik jam 44 dan nilai arus yang dihasilkan yaitu sebesar 1,261 mA pada titik jam 4. Pada grafik reaktor 2 menunjukan bahwa nilai tegangan dan arus besar tetapi tidak berangsur lama dan mengalami penurunan yang begitu tajam, hal ini dapat diakibatkan karna jumlah senyawa organik yang terlalu banyak dapat mengakibatkan bakteri yang terkandung berkurang. Dapat dilihat pada grafik reaktor 3 nilai tegangan pada hari pertama sampai hari ke-4 mengalami peningkatan dan mengalami penurunan pada hari selanjutnya.

Jumlah limbah lebih besar dibanding lumpur ternyata tidak dapat menghasilkan arus lebih tinggi, mungkin dikarenakan jumlah bakteri lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah pangan untuk bakteri itu sendiri. Menurut Logan (2008), Hasil produksi energi listrik dapat mengalami penurunan pada saat tidak adanya senyawa organik yang tersedia untuk didegradasi [5]. Efisiensi transfer elektron akan sebanding dengan jumlah sel bakteri yang melakukan kontak dengan permukaan elektroda [6].

Pada percobaan variasi rasio massa menghasilkan nilai tegangan dan arus listrik yang berubah. Hasil grafik yang dimiliki menunjukan grafik stationer yaitu terjadinya penurunan tegangan dan arus akibat kadar nutrisi yang terkandung dalam substrat berkurang sehingga jumlah bakteri sedikit dan hasil produksi listrik mulai menurun. Maka untuk penelitian selanjutnya sebagai gantinya dapat menggunakan sistem kontinu pada pengisian atau pembuangan substrat agar produksi energi listrik yang dihasilkan akan stabil dan dapat dilakukan dengan jangka panjang.

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. waktu inkubasi substrat limbah cair tahu selama 8 hari dapat berpengaruh pada hasil produksi nilai arus yang dihasilkan yaitu nilai arus sebesar 1,581 mA terjadi pada titik jam 2 dan nilai tegangan 0,87 Volt pada titik jam 16. Serta grafik yang dihasilkan menunjukan stasioner dikarenakan pada sistem MFC lamanya waktu inkubasi dapat meningkatkan sumber senyawa organik.
2. Pada variasi rasio massa dihasilkan tegangan sebesar 0,877 volt pada titik jam 44 dan nilai arus sebesar 1,261 mA pada titik jam 22 dengan variasi 1:1 (limbah cair tahu 250 mL dan lumpur 250 mL). Jumlah limbah lebih besar dibanding lumpur ternyata tidak dapat menghasilkan arus lebih tinggi, mungkin dikarenakan jumlah bakteri lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah pangan untuk bakteri itu sendiri. Produksi energi listrik akan mengalami penurunan yang akan dipengaruhi oleh penurunan senyawa organik yang terkandung dalam substrat untuk terjadinya degradasi

4.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lama dan waktu inkubasi substrat lebih dari 8 hari.
2. Menggunakan sistem kontinu agar lebih maksimal untuk menghasilkan produksi energi listrik dengan jangka waktu yang lama.
3. Lebih mencari tahu mengenai jenis bakteri yang terkandung pada substrat atau lumpur yang akan digunakan.
4. Sebaiknya penelitian selanjutnya lebih memperhatikan pH agar lebih mudah untuk menganalisis.

5 Referensi

- [1] S. Subekti., 2011, Penolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif, prosiding SNST Fakultas Teknik. Semarang.
- [2] Syamsul, Hidayat 2019, Studi Pengaruh Suhu Substrat Terhadap Produksi Daya Listrik *Microbial Fuel Cell* Dengan Substrat Lumpur Sawah Dan Nasi Basi. Telkom University, Bandung
- [3] Ni Putu, Sriyandiyati, Siti Nuryanti dan Supriadi. (2013). Pemanfaatan Nasi Basi Sebagai Pupuk Organik Cair dan Aplikasinya Untuk Pemupukan Tanaman Bunga Kertas Orange (*Bougainvillea spectabilis*). Universitas Tadulako, Palu-Indonesia.
- [4] Irwan Nugraha , Hermayanti, dan Agustin. (2014). Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Salt Bridge *Microbial Fuel Cell*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- [5] Logan B E, Hamelers B, Rozendal R, Schroder U, Keller J, Freguia S, Aeltermann P, Verstraete W & Rabaey K, *Microbial fuel cells: methodology and technology*, *Environ Sci Technol*, 40 (2006) 5181-5192.
- [6] Lee, Bo Young , Seung Won Jeon, Park, and Doo Hyun. (2010). Effect of Bacterial Cell Size on Electricity Generation in a Single-Compartmented *Microbial Fuel Cell*. *Biotechnol Lett* 32 : 483-487.

