



## The production of electrical energy from microbial fuel cell mix culture uses the Sumedang West Tofu

M Ghazali<sup>1, a</sup>, M S Puspitasari, F Soraya dan C Mulyana

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

<sup>a</sup>mchdghazali@gmail.com

**Abstract.** Utilization of microorganism to generate electrical energy is a potential step to obtain alternative energy sources that are environmentally friendly. Microbial Fuel Cells (MFC) is one of the techniques utilizing the activity of microorganisms in breaking the organic material on the substrate to be electric energy with bioelectrochemical principle. The use of substrate on MFC consists of three types namely, compost, Sumedang tofu waste, and mud sediment. The purpose of this research is to see the potential of Sumedang tofu waste into MFC substrate and to find the composition that has the highest power density value. The variations in the volume ratio of the substrate used (compost, tofu waste, mud) are 1:2:1, 1:1:1, 1:1:2, 2:1:2, with an incubation period of seven days and the measurement is every 24 hours. The results showed that 1:2:1 substrate variation was a good composition with the highest output voltage reaching 0.67 volts, a current of 0.014 mA, and power density of  $52.99 \cdot 10^{-4} \text{ mW/m}^2$ .

### 1. Pendahuluan

Listrik menjadi kebutuhan utama dalam semua aktivitas manusia. Pertumbuhan penduduk yang cukup pesat menyebabkan tingkat konsumsi energi sangat tinggi. Hal ini terbukti bahwa pada tahun 2015 tingkat konsumsi tenaga listrik mencapai 232.520 MWh yang di tahun sebelumnya mencapai 221.296 MWh (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan). Namun kebutuhan energi yang sangat tinggi tidak diimbangi dengan penyediaan sumber energi yang baru sehingga kebutuhan akan sumber energi semakin menipis. Berkurangnya sumber energi dapat menyebabkan kelangkaan energi terutama pada bahan bakar fosil karena terus dikonsumsi secara besar-besaran. Hal tersebut memicu kenaikan harga dan krisis energi. Penggunaan energi listrik dari bahan bakar fosil akan menghasilkan gas buang CO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu golongan gas rumah kaca. Efek gas rumah kaca ini akan menyebabkan radiasi sinar inframerah dari bumi akan kembali ke permukaan bumi karena tertahan oleh gas rumah kaca. Selain itu terdapat gas sulfur oksida (SO<sub>2</sub>) dan Nitrogen Oksida (NO<sub>2</sub>) yang merupakan sumber deposisi asam.

Penelitian mengenai eksplorasi sumber energi terbarukan dari makhluk hidup terutama mikroorganisme telah mulai dikembangkan dengan tujuan memperoleh mikroorganisme potensial yang tidak menghasilkan residu berbahaya bagi lingkungan. Pemanfaatan mikroorganisme untuk menghasilkan energi listrik menjadi cara alternatif yang bisa dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi. Salah satunya melalui prinsip biolistrik, dengan menggunakan metode *Microbial Fuel Cell* (MFC). MFC adalah reaktor bioelektrokimia yang dapat mengonversi energi kimia dari zat organik menjadi listrik dengan katalis dari mikroorganisme. Bakteri pada mikroorganisme berperan sebagai penghancur dari material organik yang terdapat pada substrat.

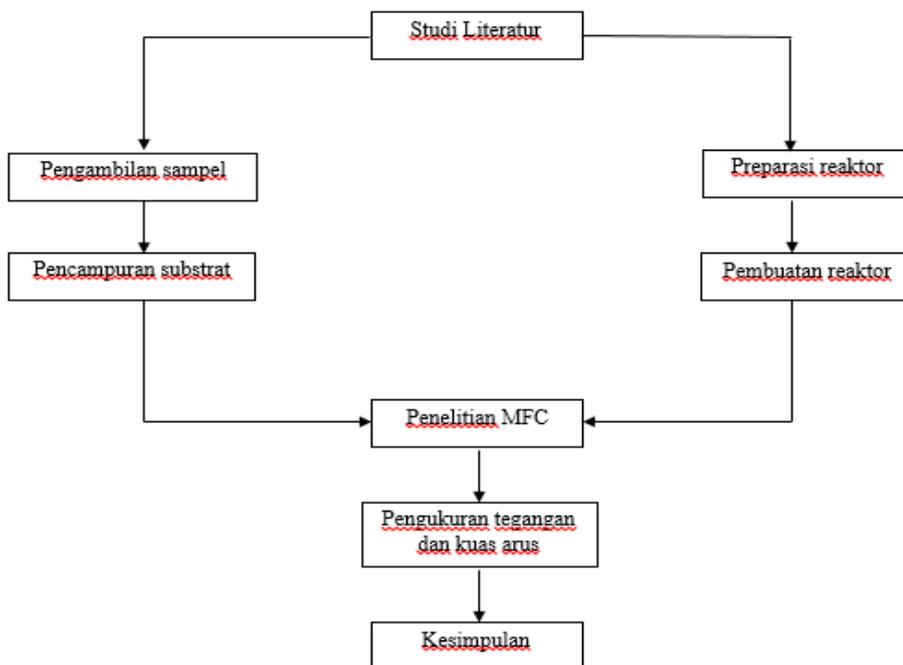
Substrat yang digunakan dapat berasal dari berbagai macam limbah yang mengandung bahan organik untuk nutrisi bakteri. Salah satu substrat yang berisi material organik adalah lumpur. Lumpur yang berada pada sedimen perairan dapat menjadi bahan utama untuk substrat MFC. Permasalahan sedimentasi waduk menjadi permasalahan umum pada waduk-waduk (perairan) di Indonesia. Erosi lahan yang tinggi menyebabkan peningkatan produksi sedimen, dan berdampak pada pengurangan kapasitas maupun umur fungsi waduk (Marhendi, 2013). Pendangkalan perairan, akan menyebabkan berkurangnya fungsi perairan tersebut. Sedimen perairan yang diambil untuk MFC dari waduk-waduk ini akan mengurangi permasalahan yang ditimbulkan dari pendangkalan perairan.

Limbah organik juga dapat menjadi substrat untuk MFC. Di Kecamatan Jatinangor, terdapat banyak pabrik tahu sebagai produk khas daerah. Limbah produk tahu memiliki kadar protein yang tinggi. Protein inilah yang menjadi sumber nutrisi bagi mikroorganismenya. Penggunaan limbah ini sebagai substrat juga merupakan salah satu cara untuk mengurangi limbah tahu di Jatinangor.

Penelitian mengenai penggunaan sistem MFC masih terbatas di Indonesia. Informasi mengenai efektivitas rangkaian yang dapat digunakan pada MFC masih belum digali secara optimal, sehingga hal inilah yang melatarbelakangi penelitian ini mengenai implementasi prinsip biolistrik dari campuran pupuk kompos, lumpur dan air limbah serta variasi rangkaian dalam MFC. Melalui penelitian ini dapat diketahui informasi mengenai efektivitas campuran ketiga bahan serta tipe rangkaian dalam menghasilkan energi listrik.

## 2. Metode | SNF ©Jurusan Fisika FMIPA UNESA

Penelitian ini dilakukan seperti diagram alir berikut ini.



**Gambar 1.** Alur penelitian.

### 2.1. Studi Literatur

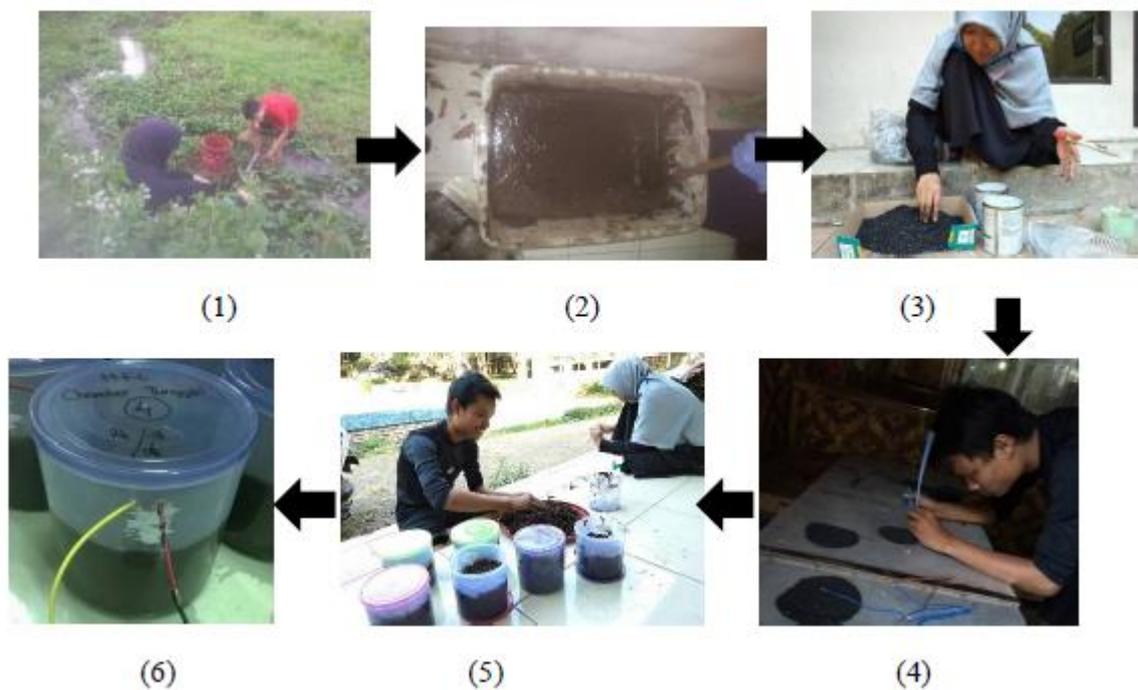
Studi literatur yang telah dilakukan adalah mencari tahu potensi substrat *Microbial Fuel Cell* (MFC), jenis-jenis reaktor yang digunakan, dan rangkaian yang dipakai dalam MFC.

**2.2. Pengambilan Sampel**

Sampel yang digunakan adalah pupuk kompos, limbah tahu sumedang, dan sedimen perairan. Pupuk kompos diambil dari penjual pupuk yang ada di lingkungan Universitas Padjadjaran. Sedimen perairan diambil dari danau arboretum Universitas Padjadjaran. Sementara limbah tahu sumedang diambil dari pabrik tahu H. Eeng di Desa Haurgombang, Kecamatan Pamulihan, Kabupaten Sumedang.

**2.3. Pencampuran Substrat dan Preparasi Reaktor**

Tahap pencampuran substrat dimulai dengan pengambilan sedimen dari perairan cekdam Unpad, pengambilan limbah tahu dari pabrik tahu H.Eeng di Haurgombang Sumedang dan pengambilan pupuk kompos dari pengelola Arboretum Unpad. Seluruh substrat ditimbang sesuai dengan perbandingan pupuk kompos , limbah tahu sumedang, dan sedimen perairan dengan sebanyak tujuh buah reaktor dengan masing masing pebandingan 1:2:1 , 1:1:1, 2:2:1, 2:1:1, 1:1:2, 1:2:2, 2:1:2. Preparasi reaktor dimulai dengan menyiapkan wadah berukuran 1,5 kg untuk selanjutnya membuat pelat karbon dari *stainless steel* yang dilekatkan dengan karbon aktif. Pelat karbon yang sudah jadi dilekatkan dengan kabel tembaga untuk selanjutnya dirangkai menjadi reaktor MFC.



**Gambar 1.** Tahapan pengambilan sampel, pencampuran substrat, dan preparasi reaktor.

**2.4. Pembuatan reaktor MFC dan Pengukuran Tegangan, Arus, serta Daya Listrik**

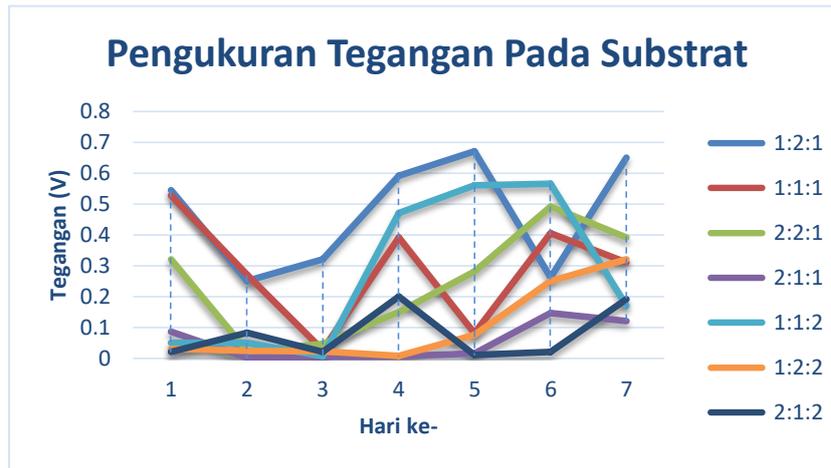
Pembuatan reaktor MFC diawali dengan memasukkan campuran substrat yang telah dibuat ke dalam wadah, kemudian elektroda katoda dan anoda dimasukkan secara bergantian ke dalam wadah berisi substrat. Setelah elektroda terpasang, wadah ditutup rapat dan diinkubasi. Setelah reaktor dibuat, pengukuran tegangan dan arus dilakukan setiap 24 jam sekali selama 7 hari menggunakan avometer serta daya yang dihasilkan dihitung menggunakan rumus :

$$P = V \times I \tag{1}$$

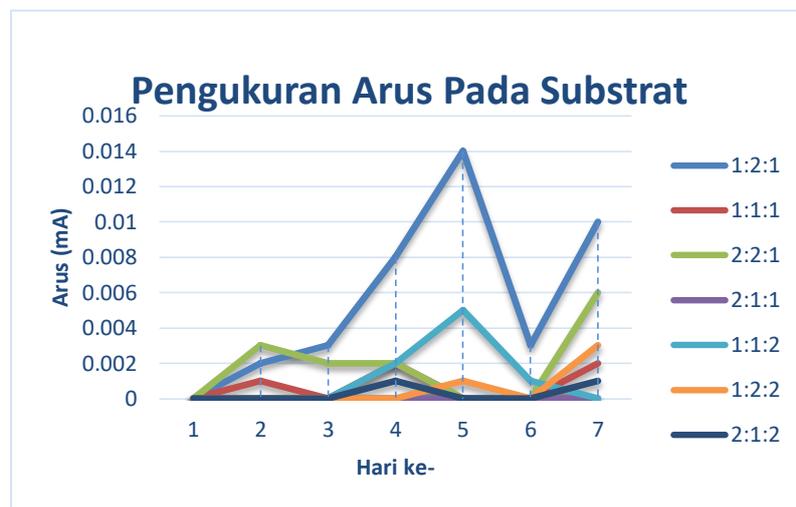
Ket : P = Daya (watt)  
 V = Tegangan (volt)  
 I = Arus (Ampere)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi substrat yang menghasilkan tegangan serta arus yang paling baik dalam pencampuran substrat antara limbah tahu, kompos, dengan sedimen atau lumpur. Hal ini dilakukan dengan pembuatan reaktor tunggal yang berisi campuran substrat perbandingan antara kompos: limbah tahu: sedimen 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1, 1:2:2, 2:1:1, 2:2:1, dan 2:1:2. Berikut adalah hasil pengukuran tegangan dan arus pada perbandingan substrat berbeda.



**Gambar 2.** Grafik pengukuran tegangan pada perbandingan substrat berbeda.



**Gambar 3.** Grafik pengukuran arus pada perbandingan substrat berbeda.

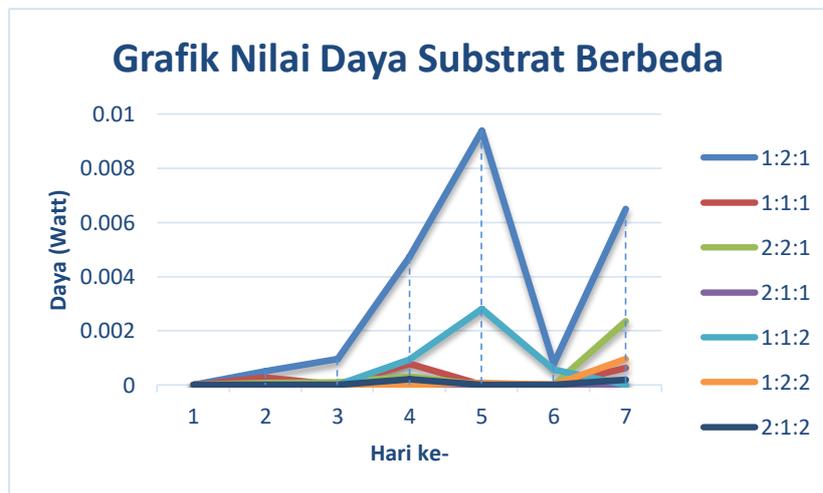
Hasil pengukuran baik tegangan maupun arus dilakukan selama tujuh hari dan diukur setiap 24 jam sekali menggunakan alat ukur avometer. Dalam waktu tujuh hari ini mikroorganisme dalam substrat akan melakukan aktivitasnya dalam melakukan perombakan senyawa kompleks menjadi sederhana, hasil sampingan dari aktivitas tersebut berupa ion-ion yang dapat dijadikan sebagai energi listrik. Pengukuran selama 7 hari ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Irpan (2018) bahwa hasil penelitiannya menunjukkan jika sistem MFC optimum dalam menghasilkan MFC ketika dalam masa inkubasi satu minggu dibandingkan hanya satu hari maupun satu bulan. Karena pada masa itu, bakteri

telah melakukan adaptasi dan kemudian mengoptimalkan dirinya untuk dapat bertahan hidup pada lingkungan baru.

Pengukuran tegangan dilakukan pada reaktor yang berisi campuran substrat dengan kompartemen anoda dan katoda di dalamnya. Setiap katoda dan anoda terhubung dengan kabel tembaga yang berfungsi sebagai penghantar listrik hasil dari aktivitas mikroorganisme dalam substrat. Berdasarkan data pengukuran tegangan pada grafik di atas dapat dilihat bahwa hasil tegangan paling baik ada pada komposisi substrat 1:2:1 yang diukur pada hari ke 5 dengan nilai tegangan 0,67 V. Sementara untuk nilai tegangan terendah ada pada komposisi 2:1:1 di pengukuran hari ke 2 dengan nilai tegangan yang dihasilkan hanya 0,001 V.

Pengukuran kuat arus dapat dilihat bahwa komposisi dengan kuat arus tertinggi ada pada komposisi substrat 1:2:1 dengan nilai 0,14 mA di hari ke 5 pengukuran dan terendah ada pada substrat dengan komposisi 2:1:1 dengan nilai 0 mA. Dari data pengukuran tegangan dan arus menunjukkan adanya keselarasan dimana substrat dengan komposisi 1:2:1 memiliki nilai tegangan dan arus tertinggi dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dapat dilihat pula dari wujud substrat yang tidak terlalu cair maupun terlalu padat. Substrat pada komposisi 1:2:1 ini memiliki kombinasi yang cukup seimbang karena kondisi substrat yang kering (minim air) akan menghambat aktivitas organisme renik dalam merombak suatu senyawa organik. Begitu pula ketika terlalu cair karena jumlah limbah tahu yang terlalu banyak, menyebabkan penyebaran dan aktivitas bakteri di dalamnya tidak seimbang akibat adanya dominansi yang dapat menghambat kerja bakteri dari substrat lain sehingga hasil energi listrik yang diukur tidak optimal. Selama 7 hari pengukuran, nilai tegangan dan arus yang diukur menghasilkan hasil yang optimum pada hari ke 5. Hal ini dapat menunjukkan bahwa aktivitas paling optimum yang dilakukan oleh mikroorganisme ada pada hari ke 5 yang ditunjukkan dari titik grafik yang paling tinggi, dan terjadi penurunan kembali pada hari ke 6 pengukuran.

Hasil perhitungan daya dari komposisi substrat menunjukkan bahwa nilai daya paling tinggi ada pada komposisi 1:2:1 yang diukur pada hari ke 5 yaitu sebesar  $9,39 \times 10^{-3}$  watt. Nilai daya terendah ada pada komposisi substrat 2:1:1 dengan nilai 0.



**Gambar 4.** Grafik hasil perhitungan daya pada substrat berbeda.

Selain perhitungan daya yang dihasilkan, dilakukan juga perhitungan nilai untuk power density yang dihasilkan seperti pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Hasil perhitungan *power density* tiap komposisi substrat.

No	Perbandingan Substrat (Kompos: Limbah Tahu: Sedimen)	<i>Power Density</i> (mW/m <sup>2</sup> )						
		Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
1	121	0	0.0003	0.0005	0.0027	<b>0.0052994</b>	0.000442	0.0037
2	111	0	0.0002	0	0.0004	0	0	0.0004
3	221	0	4E-05	5E-05	0.0002	0	0	0.0013
4	211	0	0	0	0	0	0	0
5	112	0	0	0	0.0005	0.0015819	0.000319	0
6	122	0	0	0	0	4.237E-05	0	0.0005
7	212	0	0	0	0.0001	0	0	0.0001

Rumus yang digunakan dalam mencari *power density* adalah dengan rumus ;

$$Power\ density\ \left(\frac{mW}{m^2}\right) = \frac{I\ (mA) \cdot V\ (volt)}{m^2} \quad (2)$$

Kemudian hasil dari perhitungan *power density* pada setiap komposisi substrat menghasilkan nilai tertinggi pada komposisi 1:2:1 dengan nilai  $52,994 \times 10^{-4}$  mW/m<sup>2</sup>. Begitupun hasil terendah ada pada komposisi substrat 2:1:1 dengan nilai 0. Hasil dari perhitungan ini akan sama dengan hasil pengukuran sebelumnya yang menjadikan komposisi 1:2:1 adalah komposisi teroptimal dalam sistem MFC. Maka untuk pengujian selanjutnya dengan menggunakan rangkaian seri maupun paralel komposisi substrat 1:2:1 inilah yang akan digunakan.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- 1) Perbandingan komposisi substrat antara kompos : limbah tahu : sedimen yang menghasilkan nilai tegangan, arus, daya dan *power density* tertinggi adalah 1:2:1.
- 2) Hasil pengukuran tegangan, arus, daya, dan *power density* ada pada hari ke lima pengukuran.
- 3) Hasil pengukuran tegangan yang paling tinggi adalah 0,67 Volt, kuat arus 0,014 mA, daya  $9,39 \times 10^{-3}$  watt dan *power density*  $52,994 \times 10^{-4}$  mW/m<sup>2</sup>.

#### Referensi

- [1] Irpan 2018 *Studi Perancangan Sistem Seri, Paralel, dan Kombinasi pada Teknologi Microbial Fuel Cell sebagai Produksi Energi Listrik Menggunakan Limbah Industri Tahu* (Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)
- [2] Kristin E 2012 *Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Produksi Industri Tempe* (Depok Universitas Indonesia)