

## PEMANFAATAN LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI PENGHASIL ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN SISTEM *MICROBIAL FUEL CELL*

### THE UTILIZATION OF TOFU LIQUID WASTE AS A PRODUCER OF ELECTRICAL ENERGY USING FUEL CELL MICROBIAL SYSTEM

Annisa Nabilah Kalzoum<sup>1</sup>, M.Ramdlan Kirom<sup>2</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[annisakalzoum@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:annisakalzoum@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[mramdlankirom@telkomuniversity.ac.id](mailto:mramdlankirom@telkomuniversity.ac.id),  
<sup>3</sup>[qurthobi@telkomuniversity.ac.id](mailto:qurthobi@telkomuniversity.ac.id)

---

#### Abstrak

---

Telah dilakukan penelitian untuk sistem sel tunam mikroba (STM) dari limbah cair tahu, tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah cair tahu sebagai sumber energi listrik. Sistem STM yang dipakai adalah kompartemen dual chamber yaitu anoda dan katoda, penelitian ini menggunakan variasi volume dari campuran limbah cair tahu, lumpur dan air pada kompartemen anoda, serta larutan aquades pada kompartemen katoda. Pada penelitian STM ini elektroda yang dipakai adalah tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan luas permukaan sebesar 30 cm<sup>2</sup> dan jembatan garam yang terbuat dari sumbu kompor yang sebelumnya sudah direndam menggunakan larutan NaCl. Pengambilan data dilakukan selama 30 hari, data tegangan diambil menggunakan datalogger sedangkan untuk data arus menggunakan multimeter. Kompartemen pertama dengan variasi volume substrat limbah cair tahu sebesar 250 ml dan 400 ml lumpur memperoleh hasil produksi listrik paling tinggi dibandingkan kompartemen lain yaitu sekitar 6121526,4 mJ dan terendah yaitu sekitar 956707,2 mJ. Sedangkan untuk nilai tegangan dan arus tertinggipun dihasilkan oleh kompartemen pertama yaitu 0,78 V dan 0,29 mA dan dihasilkan pada hari ke-17.

---

**Kata Kunci:** STM, limbah cair tahu, variasi volume substrat

---

#### Abstract

*Research has been conducted for microbial fuel cell system (MFC) from tofu liquid waste, the purpose of this research is to utilize the tofu liquid waste as a source of electrical energy. The MFC system used is a dual chamber compartment of anode and cathode, this study uses volume variation from the mixture of liquid waste tofu, mud and water in the anode compartment, and aquadest solution in the cathode compartment. In this MFC study the electrodes used were copper (Cu) and zinc (Zn) with a surface area of 30 cm<sup>2</sup> and a salt bridge made from a stove axis that had been previously soaked using NaCl solution. Data retrieval is done for 30 days, the voltage data is retrieved using datalogger while for current data using multimeter. The first compartment with a volume variation of liquid waste substrate of 250 ml and 400 ml of mud obtained the highest electricity production compared to other compartments of about 6121526,4 mJ and the lowest was about 956707.2 mJ. As for the highest voltage and current value is also produced by the first compartment that is 0.78 V and 0.29 mA and produced on the 17th day.*

**Keywords:** MFC, tofu liquid waste, variation substrate volume

---

#### 1. Pendahuluan

Industri tahu saat ini cukup berkembang di Indonesia hal ini disebabkan karena banyaknya olahan dari kacang kedelai dan dapat diolah menjadi beragam produk makanan dan minuman yang mengandung protein[1]. Industri tahu merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah organik. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat ampas tahu dan limbah cair. Limbah padat dihasilkan saat ekstraksi susu kedelai (penyaringan). Sedangkan Limbah cair dihasilkan dari hasil koagulasi protein susu kedelai saat proses pencetakan tahu [2]. Namun seringkali apabila tidak diolah ampas tahu biasanya dibuang dan cenderung

dipakai hanya untuk pakan ternak saja sedangkan limbah cairnya hanya dibuang begitu saja sehingga berakibat buruk pada pencemaran air. Kandungan air pada limbah cair ampas tahu memicu tumbuhnya mikroba dan sangat baik untuk pertumbuhan bakteri. Saat ini cukup banyak penelitian yang dilakukan dalam pemanfaatan limbah yang digunakan dan berkaitan dengan sumber energi. Hal ini karena penggunaan energi di Indonesia yang cukup meningkat namun berbanding terbalik dengan sumber energi yang semakin menipis. Seperti yang kita ketahui sumber energi yang banyak dipakai saat ini bersumber dari minyak bumi dan tidak dapat dipungkiri di Indonesia produksi minyak bumi mengalami penurunan akibat semakin menipisnya cadangan [3]. Oleh karena itu dibutuhkan sumber daya energi alternatif di masa yang akan datang. Salah satu penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah dan energi yaitu sel tunam mikroba (STM). STM merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi kimia dalam senyawa organik menjadi listrik dan dikatalisis oleh mikroorganisme. STM dapat menghasilkan energi melalui berbagai macam jenis substrat organik seperti asam volatil, karbohidrat, protein, alkohol dan bahan rekalsitran seperti selulosa [4]. Penelitian STM ini memerlukan beberapa elemen penting seperti reaktor dengan *dual chamber*, larutan elektrolit yang disimpan pada kompartemen katoda, mikroba yang disimpan dalam kompartemen anoda, jembatan garam yang berguna untuk difusi proton, suplai oksigen dalam proses pengikatan ikatan hidrogen [5]. Pada penelitian STM yang dilakukan sebelumnya oleh Akbar, 2017 dengan substrat lumpur sawah dengan variasi elektroda dihasilkan kerapatan daya maksimum mencapai  $32,62 \text{ mW/m}^2$  dengan elektroda Zn/Cu [5]. Dengan perbedaan substrat yang dipakai pada penelitian ini diupayakan dapat meningkatkan produksi energi daripada penelitian sebelumnya. Diharapkan dalam pembuatan STM dengan substrat limbah cair tahu ini dapat berperan sebagai energi terbarukan yang ramah lingkungan dan lebih efisien

## 2. Perancangan Penelitian

### 2.1 Preparasi Alat Elektrolisis

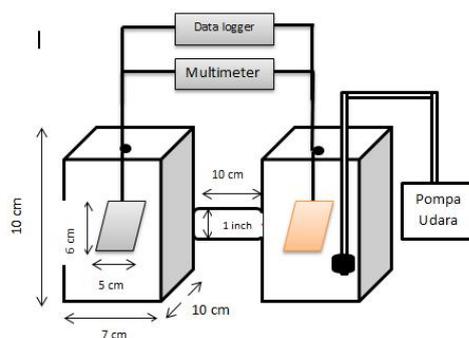
Pada penelitian ini elektroda yang dipakai di kompartemen anoda adalah lempengan seng (Zn) dan lempengan tembaga (Cu). Hasil penelitian Nuzul (2017) menunjukkan bahwa sistem STM yang digunakan dengan menggunakan kombinasi elektroda Cu/Zn dan Zn/Cu menghasilkan produksi listrik yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan elektroda lainnya Zn/Al atau Cu/Al. Sedangkan untuk jembatan garam, penelitian ini menggunakan sumbu kompor yang sebelumnya sudah direndam terlebih dahulu dengan menggunakan larutan NaCl kemudian sumbu kompor dikeringkan. Sumbu kompor yang sudah kering kemudian dimasukkan ke dalam pipa dengan tujuan agar penghubung antara kompartemen katoda dan kompartemen anoda menjadi kokoh, selain itu mencegah terjadinya kebocoran.

### 2.2 Preparasi Mikroorganisme

Mikroorganisme yang dipakai yaitu limbah cair tahu yang didapat dari pabrik tahu di daerah dago, kemudian untuk lumpur didapat dari sekitar danau kawasan Telkom University.

### 2.3 Rancangan Reaktor

Reaktor yang dipakai pada penelitian STM ini adalah reaktor *dual chamber* di mana terdapat kompartemen katoda yang diisi dengan larutan akuades kemudian dihubungkan melalui jembatan garam menuju kompartemen anoda yang diisi dengan mikroorganisme yang sudah disiapkan. Dan elektroda yang dibutuhkan adalah lempengan seng (Zn) dan Tembaga (Cu).



Gambar 2.1 Rancangan Reaktor STM

## 2.4 Pengujian STM

Eksperimen STM ini dilakukan berulang dan beberapa eksperimen digunakan dengan cara memvariasikan konsentrasi substrat yang akan terisi pada kompartemen anoda. Sedangkan pada kompartemen katoda hanya diisi larutan aquades saja. Substrat yang dicampurkan meliputi air, limbah air tahu, lumpur dengan variasi sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Variasi substrat dalam sistem STM

Reaktor	Air (ml)	Limbah Air Tahu (ml)	Lumpur (ml)
1	0	250	400
2	50	200	400
3	100	150	400
4	150	100	400

## 2.5 Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan

Untuk pengujian STM ini dilakukan pengukuran terhadap arus dan tegangan yang terbaca dari multimeter dan datalogger. Datalogger menggunakan sensor tegangan kemudian dikonversikan kembali sehingga diperoleh nilai tegangan.

Elektroda yang sudah terpasang pada kompartemen katoda dan kompartemen anoda kemudian dihubungkan dengan menggunakan capit buaya dan kabel. Hasil data yang diperoleh nantinya akan diolah dan terbaca pada komputer agar didapatkan nilai daya dengan persamaan :

$$P = VI \quad (1)$$

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

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

Keterangan :

P = Daya (W)

I = Kuat Arus (A)

R = Hambatan (ohm)

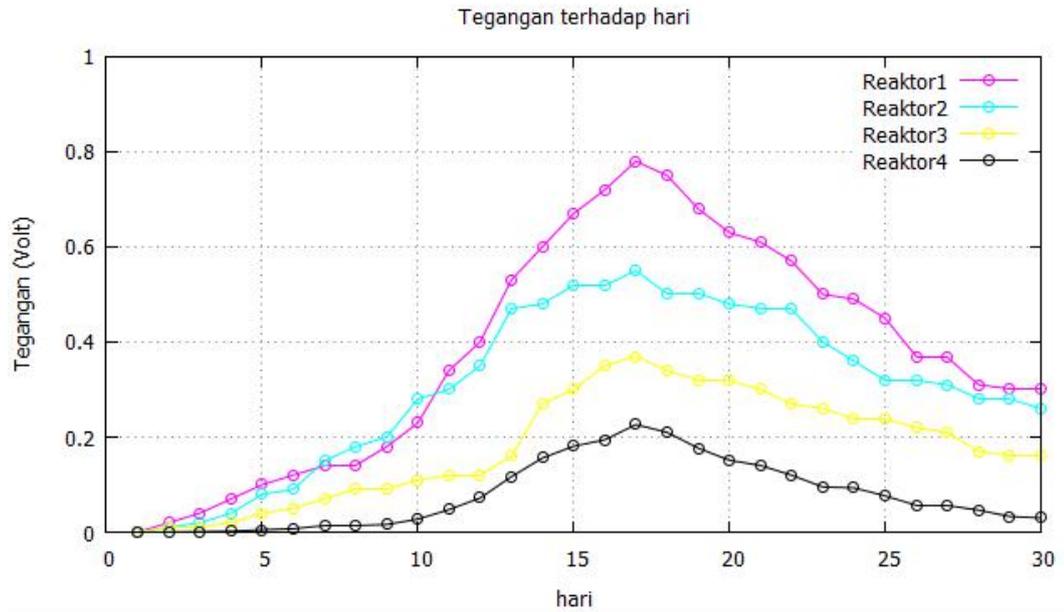
E = Energi (Ws)

t = Selang waktu (s)

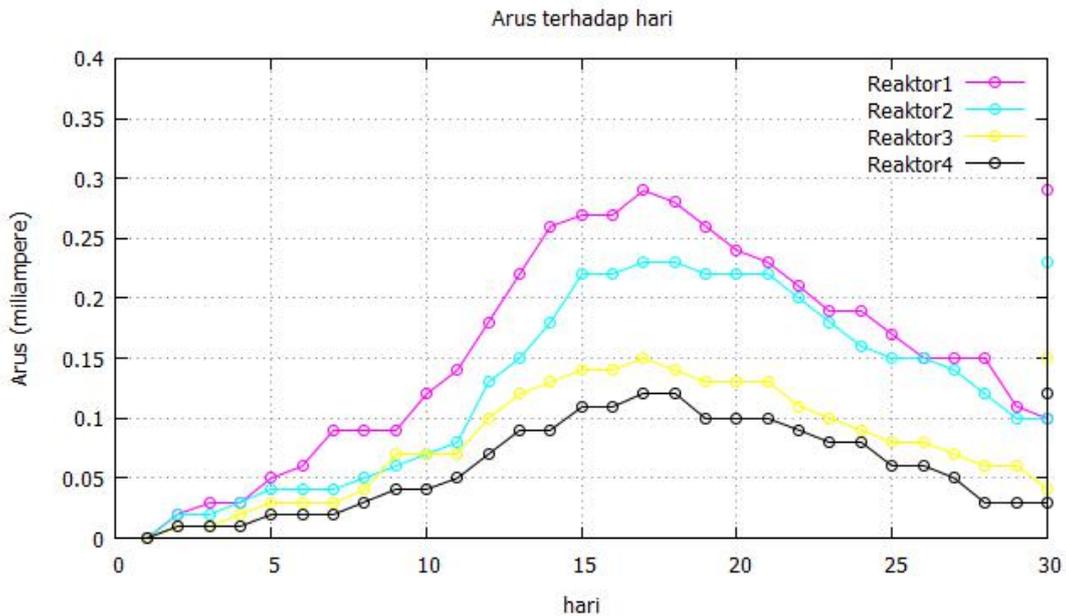
## 3. Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengukuran Tegangan dan Kuat Arus Listrik pada Variasi Substrat

Pengukuran tegangan diukur menggunakan data logger yang dihubungkan dari elektroda pada masing-masing kompartemen, kutub negatif (anoda) dihubungkan pada ground di datalogger sedangkan kutub positif (katoda) dihubungkan pada pin analog di datalogger. Sedangkan untuk pengukuran arus diukur menggunakan multimeter dimana kutub negatif dihubungkan dengan anoda sedangkan kutub positif dihubungkan dengan menggunakan katoda.



Gambar 3.1 Hasil pengukuran tegangan selama 30 hari pada sistem STM



Gambar 3.2 Hasil pengukuran arus selama 30 hari pada sistem STM

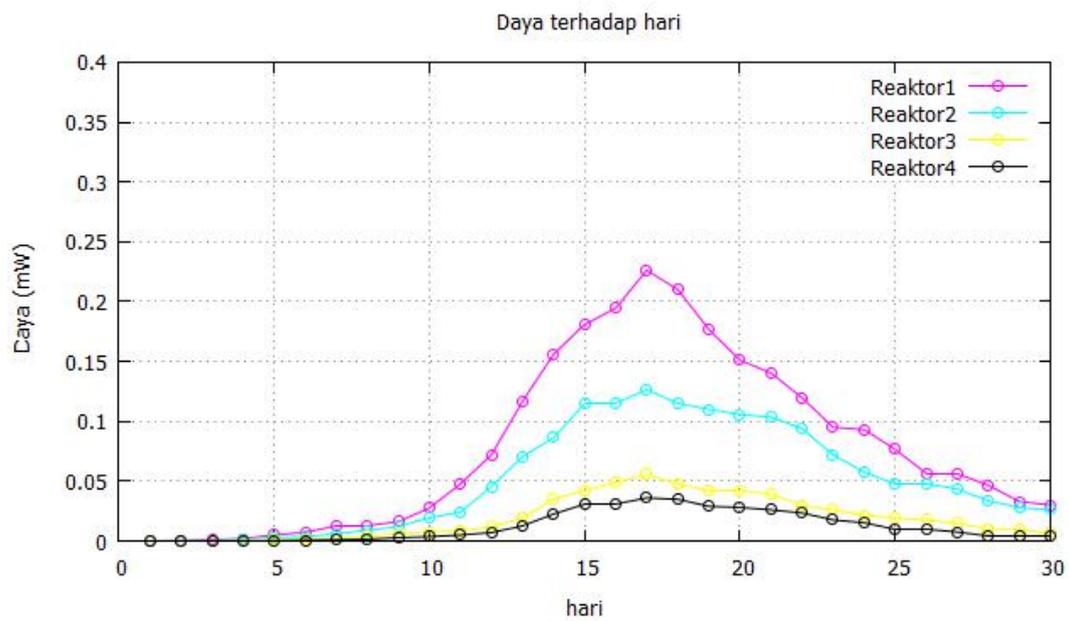
Gambar 3.1 dan 3.2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus yang diambil setiap 2 jam per harinya dan dilakukan selama 30 hari. Pengukuran tegangan dan arus dihasilkan dari 4 kompartemen yang berbeda-beda, kenaikan tegangan tertinggi dihasilkan di hari ke 17 dan mengalami penurunan di hari berikutnya hingga hari ke 30. dari kompartemen 1 sebesar 0,78 volt, untuk kompartemen 2 sebesar 0,55 volt, sedangkan kompartemen 3 sebesar 0,37 volt dan kompartemen 4 sebesar 0,3 volt. Kompartemen yang pertama menghasilkan nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan 3 kompartemen lainnya hal ini disebabkan karena volume substrat yang lebih banyak yaitu sekitar 400ml lumpur ditambah 250ml limbah cair tahu. Hal ini diindikasikan karena banyaknya senyawa organik sebagai makanan mikroba sehingga produksi listrik dan metabolisme mikroba naik [1]. Sama halnya seperti tegangan, hasil pengukuran arus yang dihasilkan juga mengalami kenaikan nilai hingga hari ke 17 dan selanjutnya mengalami penurunan sampai hari ke 30, nilai arus di kompartemen 1 yaitu 0,29

mA, 0,23 mA pada kompartemen 2, sedangkan untuk kompartemen 3 sebesar 0,15 mA dan kompartemen 4 sebesar 0,11mA.

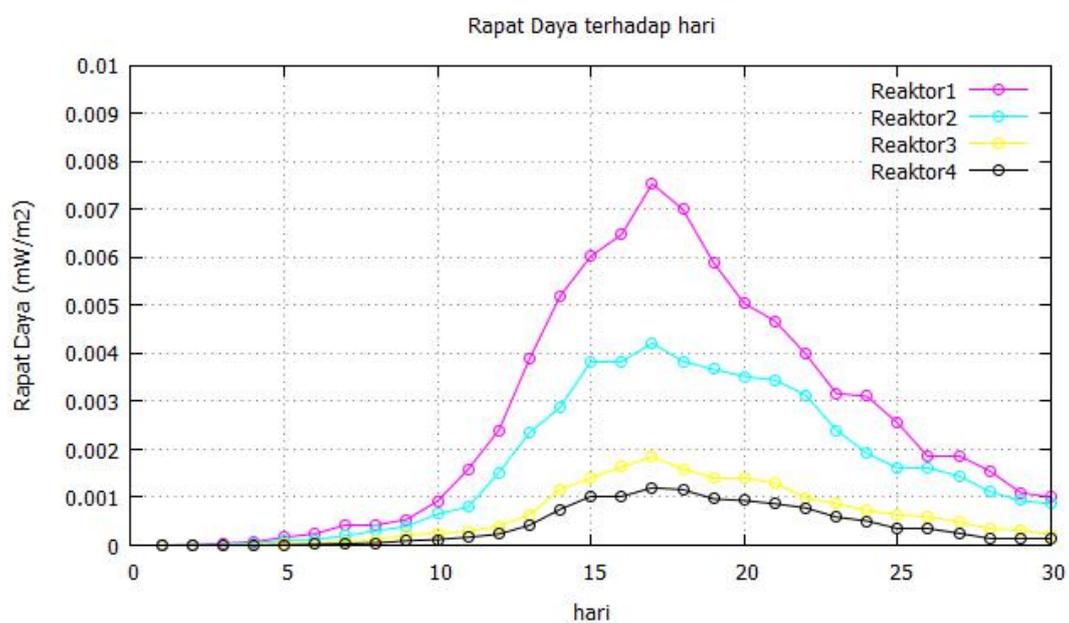
Seperti yang sudah dijelaskan diatas pada pengukuran tegangan dan arus keduanya mengalami peningkatan nilai hingga hari ke 17 hal ini disebabkan karena terjadi fasa penyesuaian bakteri (fasa lag) dimana terjadi penyesuaian lingkungan baru pada bakteri, saat bakteri telah melakukan penyesuaian maka terbentuklah populasi maksimum. Kemudian pada hari ke 18 terjadi penurunan nilai tegangan dan arus karena mulai terjadi fasa stasioner dimana kadar nutrisi untuk bakteri berkembang biak menjadi berkurang sehingga populasi bakteri pun sedikit yang menyebabkan menurunnya produksi listrik [14].

### 4.3 Hasil Pengukuran Daya dan Energi Listrik pada Variasi Substrat

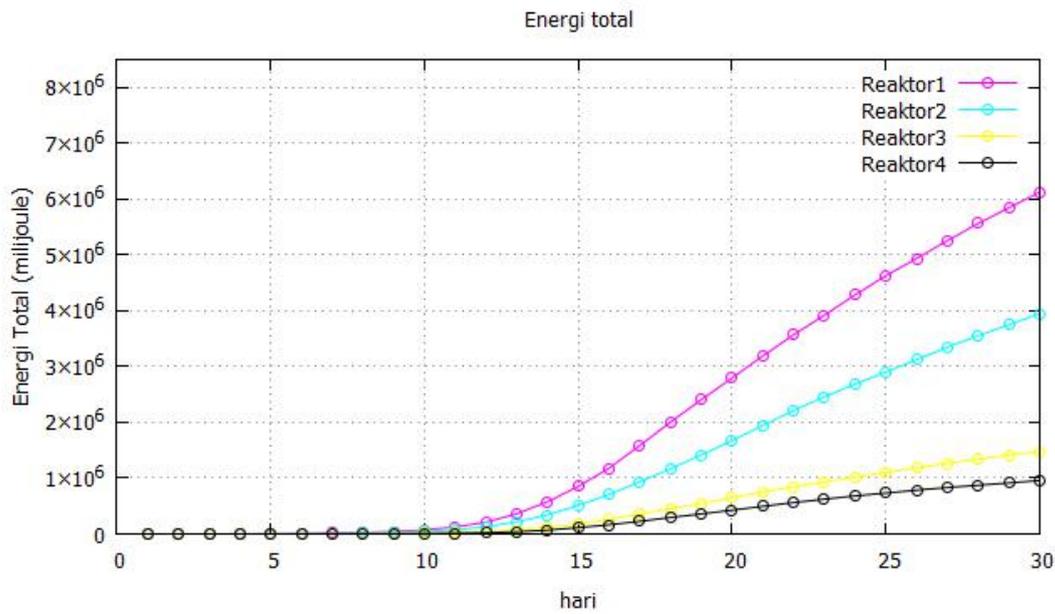
Daya dan enrgi yang dihasilkan pada sistem STM disajikan oleh gambar 4.4 dan 4.5, variasi nilai substrat pada tiap kompartemen akan menghasilkan nilai daya dan energi yang berbeda pula



Gambar 3.3 Hasil pengukuran daya selama 30 hari pada sistem STM

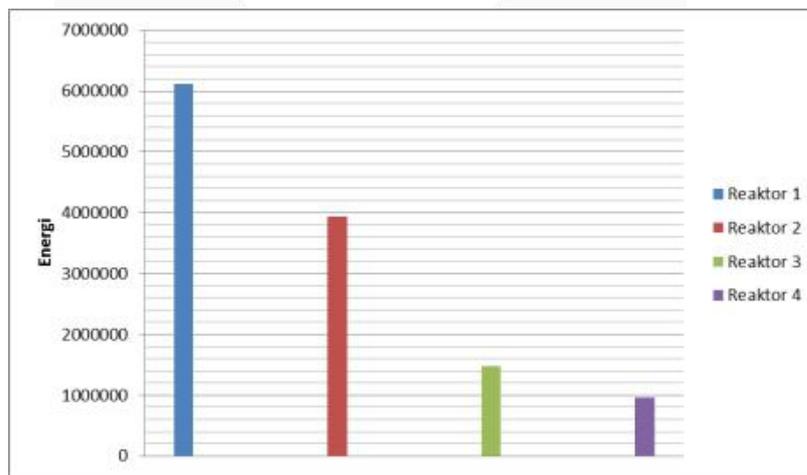


Gambar 3.4 Hasil pengukuran rapat daya selama 30 hari pada sistem STM



Gambar 3.5 Hasil pengukuran energi selama 30 hari pada sistem STM

Dari data pengamatan yang diperoleh terlihat bahwa kompartemen 1 menghasilkan nilai produksi listrik yang sangat banyak selama 30 hari bila dibandingkan 3 kompartemen lainnya karena variasi substrat yang berberda-beda ditunjukkan oleh gambar 3.6



Gambar 3.6 Perbandingan nilai energi pada setiap kompartemen

Nilai daya terbesar yang diperoleh dari kompartemen 1 yaitu sebesar 0,2262 mW sedangkan nilai daya yang terkecil dihasilkan dari kompartemen 4 sebesar 0,036mW. Untuk total produksi nilai energi mengalami hal yang sama dengan nilai daya, energi terbesar dihasilkan dari reaktor 1 sebesar 6121526,4 mJ dan untuk nilai energi terkecil yang dihasilkan dari reaktor 4 sebesar 956707,2 mJ. Sehingga dapat diperoleh besar kecilnya energi yang dihasilkan tergantung dari seberapa banyak mikroba yang tumbuh dan berkembang pada kompartemen, dari grafik yang ditunjukkan diatas kompartemen 1 menduduki nilai produksi listrik yang paling tinggi karena substrat yang dipakai adalah lumpur dan limbah cair tahu sehingga secara tekstur lebih encer hal ini yang mengakibatkan mudahnya terjadi transfer elektron dan didukung dengan bakteri yang cukup banyak dari 2 substrat tersebut, sedangkan pada reaktor 4 nilai produksi listriknya lebih rendah dibandingkan ketiga reaktor yang lain karena substrat yang dipakai dicampur dengan air dan volume dari limbah cair tahunya relatif lebih sedikit sekitar 50ml, sehingga sumber utama bakterinya hanya diperoleh dari lumpur saja.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa penelitian STM dengan menggunakan kompartemen yang berisi substrat lumpur dan limbah cair tahu memperoleh hasil produksi listrik paling tinggi dibandingkan kompartemen lain. Sedangkan dari hasil pengambilan data dengan menggunakan Cu dan Zn sebagai elektrodanya dengan luas permukaan 30cm<sup>2</sup> diperoleh nilai daya sebesar 0,2262 mW. Pada sistem STM ini diperoleh nilai total produksi energi tertinggi yaitu sekitar 6121526,4 mJ dan terendah yaitu sekitar 956707,2 mJ

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] Kristin, Esther (2012). Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell menggunakan Limbah Industri Tempe. Teknologi Bioproses, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- [2] Diah, Syafaati ayu (2015). Potensi Perolehan Energi Listrik Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair tahu, Kimia, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Negeri Sunan Kalijaga
- [3] Kholiq, Imam (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM. Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Putra Surabaya Jawa Timur Indonesia.
- [4] Logan, B.E 2008. *Microbial Fuel Cells*. New jersey : John & Wiley Inc, Publication : United State of America
- [5] Akbar, Nuzul (2017). Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Mikrobial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik, Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
- [6] Shah K. Chirag, B. N. Yagnik (2013). *Bioelectricity production using microbial fuel cell*, *Research Journal of Biotechnology*, 8(3), 84-90
- [7] Fadli, Ulfa Mahfudli., Budi Legowo., Budi Purnama (2012). Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (*Ananas Comosus L.Merr*). *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol 2 No.2, 177
- [8] Chandra, et all (2010)
- [9] Rinaldi, Wahyu., Yudha Nurdin., Syahiddin., Wulan Windari., Cut Putri Agustina (2014). Pengolahan Limbah Cair Organik dengan *Microbial Fuel Cell*. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol 10 No.2
- [10] Abhilasa S Mathuriya, VN Sharma (2010). *Bioelectricity Production From Various Wastewaters Through Microbial Fuel cell Technology*. *Journal of Biochemichal Technology*, 2 (1), 133-137
- [11] Schnabel, H.D., Baselt, T., Gemende, B., Gerbeth, A., Spiegel, J (2005). *Microbial Fuel Cell Overview and First Simple Experiments*, *Proceeding of Environmental Impact of Power Industry*. University of West Bohemia, June 17 2005, 16-23
- [12] W. Ben Ounis, C.P Champagne, J. Makhlof, L. Bazinet (2008), *Utilization of Tofu Whey Pretreated by Electromembrane Process as a Growth Medium for Lactobacillus Plantarum LB17*, *Desalination*, 229 (1-3), 192-203
- [13] Wen-wei li, Ghuo-Ping sheng, Xian-Wei Liu, Han-Qing Yu (2011). *Recent Advances in Separators for Microbial Fuel Cells*, *Bioresources Technology*, 102, 244-252