

SISTEM SEMI KONTINYU MICROBIAL FUEL CELL

MICROBIAL FUEL CELL SEMI CONTINUOUS SYSTEM

Yudho Prameswara Pamungkas¹, M. Ramdhan Kirom², Rahmat Awaludin Salam³
1,3Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹yudhoprameswara@student.telkomuniversity.ac.id,

²mramlandkirom@telkomuniversity.co.id, ³awaludinsalam@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan energi di dunia semakin lama akan semakin bertambah, kita tidak bisa hanya bergantung kepada energi fosil karena keberadaannya yang akan habis dalam waktu dekat. Pemanfaatan energi dari biomassa adalah solusi dari permasalahan tersebut. Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan salah satu solusi pada pemanfaatan energi biomassa. Dalam penelitian ini, rancang bangun MFC bertujuan untuk menghasilkan tegangan listrik keluaran yang lebih konstan. Sistem penambahan substrat secara semi kontinyu menjadi suatu solusi untuk menghasilkan tegangan listrik yang relatif konstan dibandingkan menggunakan sistem penambahan substrat secara batch. Pembangunan MFC menggunakan sistem dual chamber yang terdiri dari kompartemen katoda dengan elektroda Cu dan larutan aquades sedangkan kompartemen anoda menggunakan elektroda Zn dan substrat yang disusun oleh sedimen kolam ikan dan nasi basi. Dalam membangun sistem MFC semi kontinyu penambahan substrat dibantu dengan menggunakan wadah semacam dispenser untuk mempermudah dalam memasukan substrat kedalam sistem. Setelah reaktor dibuat data keluaran tegangan dapat dibaca oleh data logger atau menggunakan multimeter. hasil dari reaktor MFC semi kontinyu adalah grafik keluaran tegangan berbanding dengan waktu yang mendekati stabil dimana nilai variansi pada reaktor dengan penambahan 75ml setiap tiga hari sekali memiliki nilai yang paling mendekati nol yang berarti paling stabil. Nilai variansi pada reaktor yang paling stabil memiliki nilai variansi sebesar 0.00159 dengan rata tegangan 0.648 V.

Kata kunci : Microbial Fuel Cell, semi kontinyu, kolam ikan, nasi basi

Abstract

The need for energy in the world will increase by the time, we cannot just rely on fossil energy because its existence will run out in the near future. The use of energy from biomass is the solution. Microbial Fuel Cell (MFC) is one of the solutions to biomass energy utilization. In this study, the design of the MFC aim to produce electricity is more constant. Semi-continuous system becomes a solution for electricity that is relatively constant compared with using a batch-substrate system. The construction of MFC uses a double chamber system consisting of a cathode compartment with Cu electrodes and anode compartment using Zn electrodes and substrate prepared by a fish pond sediment and spoiled rice. In building the system, semi-continuous MFC's can be approved using a dispenser-like container to facilitate substrate entering into the system. After the reactor is made, the voltage can be read by the data logger or using a multimeter. the result of a semi-continuous MFC reactor process is a graph of voltage output compared to the time spent stable. the results of the semi-continuous MFC reactor is a voltage output graph compared to a time that is close to stable where the value of the variance in the reactor with the addition of 75ml every three days has the closest value to zero which means the most stable. The variance value at the most stable reactor has a variance value of 0.00159 with average of voltage is 0.648V.

Keywords: Microbial Fuel Cells, semi-continuous, fish pond, spoiled rice

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi di dunia semakin lama akan semakin besar berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Dapat diperkirakan pada tahun 2002 hingga 2025 konsumsi energi dunia akan meningkat sebanyak 57% dan negara berkembang merupakan sebagian besar dari peningkatannya [1]. Indonesia yang merupakan negara berkembang tidak bisa hanya bergantung pada bahan bakar fosil di masa depan. Solusinya dengan pendekatan bioekonomi, ekonomi berbasis biologi menjadi sangat penting karena sumber daya yang lebih bervariasi. Dalam bioekonomi biomassa berguna untuk sumber produksi energi, biomassa sebagai sumber bioekonomi

banyak tersedia di alam dan dapat disimpan sampai pada saatnya dibutuhkan. Contohnya adalah produksi energi listrik dari peruraian anaerob serta produksi bahan bakar dari hasil fermentasi. Sebagian besar penggunaan energi biomassa digunakan untuk produksi bahan bakar yang masih menghasilkan emisi gas buang [2] walaupun emisi yang dihasilkan sedikit dan tidak sebanyak emisi gas buang pada bahan bakar bensin yaitu berkisar antara 103,110 – 208,330 mg/s sedangkan besarnya konsumsi bahan bakar ketika menggunakan bahan bakar biogas lebih rendah berkisar antara 83,333 – 159,997 mg/s [3]. Solusinya adalah menggunakan pembangkit energi listrik yang menggunakan biomassa sebagai biofuel dan tidak menghasilkan emisi gas buang yaitu microbial fuel cell.

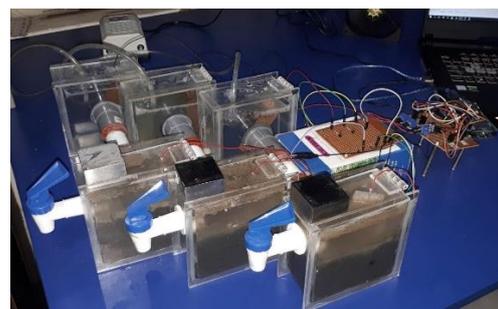
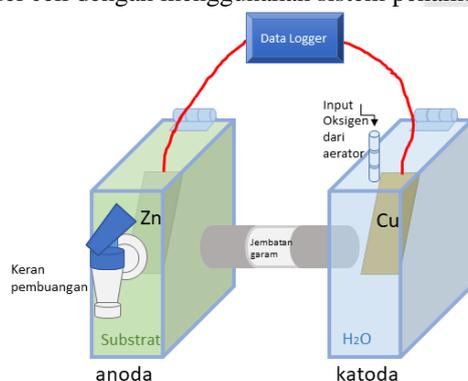
Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan teknologi energi alternatif yang dapat menghasilkan ion hidrogen yang dapat diproses dan menghasilkan listrik dari biomassa yang jumlah ketersediaanya melimpah di alam. MFC sangat menarik untuk dikembangkan karena memiliki efisiensi produksi energi yang sangat tinggi dan tidak menghasilkan produk akhir yang bermasalah dan merugikan orang lain [4]. Namun, dari beberapa jurnal dan referensi yang membahas tentang microbial fuel cell cenderung menggunakan sistem batch dalam penambahan substrat dan sumber mikroba. Penggunaan sistem batch pada MFC seperti pada hasil penelitian Tagrid (2018) menghasilkan tegangan yang naik turun [17] serta hanya sekali pakai jadi tidak bisa dipakai secara terus menerus sedangkan penggunaan energi oleh manusia digunakan secara terus menerus.

Penerapan dari sistem microbial fuel cell dengan proses semi kontinyu diharapkan dapat memberikan produksi energi listrik yang relatif konstan dibandingkan sistem batch agar energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dengan baik dan terus menerus karena substrat yang selalu ditambahkan pada reaktor [20]. Proses semi kontinyu yang dimaksud adalah proses penambahan substrat dengan interval waktu tertentu, sedangkan sistem batch merupakan suatu sistem dimana proses yang terjadi hanya sekali penambahan substrat sampai habis dan menjadikan sistem tersebut tidak terus menerus. Tujuan dalam penulisan makalah ini yaitu membahas kelayakan dalam menggunakan metode penambahan substrat semi kontinyu dalam sistem penghasil listrik microbial fuel cell dengan melakukan penelitian berdasarkan variasi waktu dan volume penambahan substrat untuk menghasilkan waktu dan volume yang optimal untuk menghasilkan produksi listrik yang lebih stabil dibandingkan metode batch.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Konstruksi Reaktor MFC

Sistem microbial fuel cell dirancang seperti pada umumnya, yaitu menggunakan kompartemen anoda dan katoda. masing masing kompartemen merupakan suatu wadah bervolume 500 ml yang berisikan substrat pada kompartemen anoda dan aquades pada kompartemen katoda. Anoda menggunakan bahan seng (Zn) dan pada katoda menggunakan bahan tembaga (Cu). Pada jembatan garam menggunakan pipa PVC yang berisikan larutan NaCl 1M pada rendaman sumbu kompor minyak tanah. Tambahannya adalah penambahan tutup chamber yang bias dibuka tutup untuk penambahan substrat. Substrat dapat dibuang dengan cara membuka tuas keran pada waktu tertentu. Kedua elektroda terhubung dengan kabel yang menuju rangkaian data logger agar tegangan yang dihasilkan dapat dianalisa dan diamati. berikut merupakan gambar dari rancangan microbial fuel cell dengan menggunakan sistem penambahan substrat semi kontinyu.



2.2 Eksperimen Semi Kontinyu

Pertama penelitian dilakukan dengan menentukan HRT (Hydraulic Retention Time) yaitu waktu tinggal substrat pada reaktor. HRT dapat ditentukan dengan memeriksa apakah produksi tegangan listrik masih optimal atau tidak.

$$HRT(\text{hari}) = \frac{\text{Volume reaktor (liter)}}{\text{Volume substrat yang dimasukkan} \left(\frac{\text{liter}}{\text{hari}} \right)} \quad (1)$$

Setelah didapatkan HRT pada reaktor, selanjutnya pengujian terhadap volume pengisian substrat yang optimal pada reaktor [15]. Dari penelitian Tagrid Ruwaida mengenai sistem MFC menggunakan substrat nasi basi dan sedimen air kolam, menghasilkan waktu tinggal substrat yaitu hari ke-20. Maka didapatkan dari persamaan HRT volume substrat yang akan dimasukkan sebanyak 25 ml/ hari. Dalam eksperimen dilakukan penelitian dengan variasi waktu dalam memasukan dan membuang substrat pada kompartemen anoda seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 variasi waktu penambahan substrat

Interval waktu penambahan substrat	Volume penambahan
1 hari	25ml
2 hari	50ml
3 hari	75ml

2.3 Pengaruh Konsentrasi pada MFC

Konsentrasi pada elektroda yang bereaksi pada kompartemen anoda sangat mempengaruhi nilai tegangan yang dihasilkan oleh reaktor MFC dimana seperti pada persamaan 3.1

$$Emf = E^{\circ} - RT/nF \ln ([\text{product}]/[\text{reactants}]) \quad (2.3)$$

$$E_{cat} = E^{\circ} - RT/nF \ln ([\text{product}]/[\text{reactants}]) \quad (2.4)$$

$$E_{an} = E^{\circ} - RT/nF \ln ([\text{product}]/[\text{reactants}]) \quad (2.5)$$

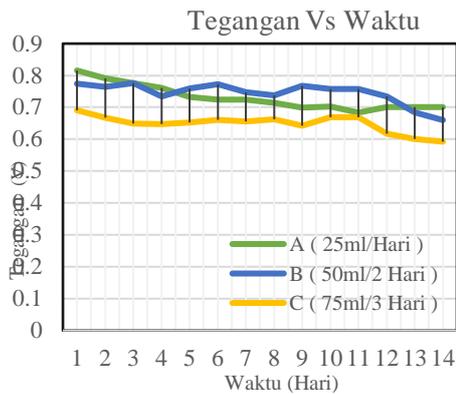
$$Emf = E_{cat} - E_{an} \quad (2.6)$$

Dimana Emf merupakan beda potensial dari kedua elektroda atau gaya elektromotif sel keseluruhan [25], E_{cat} merupakan potensial pada katoda, E_{an} merupakan potensial pada anoda, E° merupakan standar potensial sel, $R = 8,31447 \text{ j/mol-K}$ (konstanta gas), n merupakan muatan pembawa, T merupakan temperatur (K), $F = 96,485 \text{ C/mol}$ (konstanta faraday) dan $[\text{product}]/[\text{reactants}]$ merupakan rasio konsentrasi dari produk dan reaktan ion elektroda [24].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran Tegangan

Berikut merupakan grafik produksi tegangan terhadap waktu dari hasil penelitian dengan menggunakan sensor tegangan yang terhubung dengan mikrokontroler arduino uno dan data logger ditujukan pada gambar 1.



Gambar 1

Berdasarkan data pada gambar 1 grafik yang dihasilkan pada penelitian ini dihasilkan tegangan yang relatif konstan. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai variansi pada keseluruhan percobaan yang mendekati 0. Hal ini dapat diakibatkan oleh pengurangan dan penambahan substrat yang dilakukan guna mengontrol konsentrasi ion yang bereaksi pada anoda agar lebih terjaga [24]. Konsentrasi substrat dikontrol pada saat preparasi dilakukan. Percampuran substrat dengan perbandingan yang sama pada setiap penambahan akan menjaga konsentrasi substrat pada kompartemen anoda dan menghasilkan nilai yang relatif konstan.

Pada saat pertama kali substrat dimasukkan, bakteri kemungkinan akan mengalami fase lag atau adaptasi kembali [27] yang menyebabkan hasil dari tegangan yang tidak melonjak tinggi namun relatif stabil. *Chamber A* merupakan reaktor MFC dengan penambahan 25 ml substrat setiap harinya, *chamber B* dengan penambahan 50 ml setiap dua hari, dan *chamber C* dengan penambahan 75 ml setiap tiga hari.

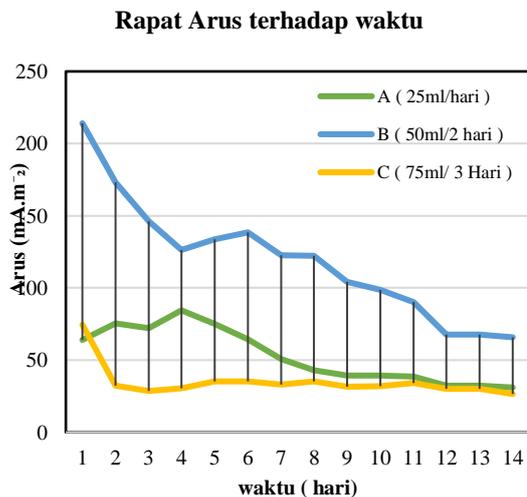
Chamber B dan *C* menghasilkan tegangan yang stabil dan lebih konstan dengan rata-rata tegangan *chamber B* (0,744 V) dan *C* (0,648 V) dibandingkan *Chamber A*. produksi tegangan puncak dihasilkan oleh *chamber A* yaitu sebesar 0,878 V, namun penurunan juga paling signifikan dialami oleh *chamber A*.

Tegangan yang paling konstan dapat dilihat dari nilai variansi yang paling mendekati 0 dimana *chamber A* menghasilkan nilai 0,00161, *chamber B* 0,00261, dan *chamber C* 0,00159. dapat disimpulkan tegangan yang paling stabil dihasilkan oleh reaktor MFC semi kontinyu dengan penambahan setiap tiga hari sekali. Hal ini disebabkan karena pada pengurangan dan penambahan substrat sebanyak 75 ml hampir menguras seluruh substrat cair yang ada pada reaktor dan menghasilkan nilai tegangan yang stabil.

Penurunan terjadi walaupun tidak terlalu signifikan, hal ini dapat dipengaruhi oleh ion-ion anoda (Cu^2) ikut terbuang pada pembuangan substrat berkala sebelum sampai ke katoda dan mengurangi performa dari anoda [26].

4.3. Hasil pengukuran Rapat Arus

Pengukuran arus dilakukan dengan manual menggunakan multimeter dengan reaktor menggunakan beban tambahan berupa resistor 10 Ω . Berikut merupakan grafik hasil pengukuran arus terhadap waktu ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2

juga dilakukan agar produksi elektron yang ada pada reaktor terjaga dan didapatkan hasil arus yang konstan. Pada penambahan substrat pertama pasti akan ada masa adaptasi bagi substrat, maka dari itu pada nilai grafik di hari awal pengukuran hasil dari rapat arus belum konstan

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, reaktor C menghasilkan rapat arus yang paling stabil dimulai dari hari ke-2 pengukuran dibandingkan reaktor A dan B dimana reaktor C memiliki nilai variansi yang lebih kecil dibandingkan reaktor A dan B. reaktor A memiliki nilai variansi sebesar 354,5, reaktor B senilai 1763,3, dan reaktor C dengan nilai variansi terendah 136,155. Hal ini diakibatkan pada penambahan dan pembuangan substrat pada reaktor C hampir menguras seluruh elektrolit atau bagian cair dari substrat dimana pada hari kedua, produksi arus dipertahankan.

Reaktor B dengan penambahan dan pembuangan 50 ml/ 2 hari yaitu sekitar setengah dari banyaknya larutan menghasilkan nilai arus yang paling tinggi diakibatkan oleh jumlah padatan terlarut atau TDS (*total dissolved solid*) yang berbanding lurus dengan konduktivitas pada kompartemen anoda [19]. Nilai TDS pada reaktor B sebesar 1854 mg/l dimana yang merupakan paling besar dibandingkan reaktor A sebesar 1003 mg/l dan reaktor C sebesar 1124 mg/l, besar dan kecilnya nilai TDS dapat dilihat dari banyaknya elektron yang diproduksi oleh reaktor. Pada kondisi awal pengukuran TDS hanya memiliki nilai 330 mg/l dan naik seiring berjalannya reaksi. Reaktor B dan reaktor A mulai stabil pada hari ke-12 dan hari ke-9 hal ini kemungkinan dapat terjadi akibat pembuangan dan penambahan terjadi hanya pada bagian larutan, sedangkan substrat pada sedimen dipertahankan. Volume substrat dalam bentuk larutan yaitu $\frac{1}{4}$ dari keseluruhan. Substrat larutan juga berfungsi sebagai tempat bagi mikroba dan ion bergerak dan bereaksi [25].

Pada pembuangan dan penambahan substrat 25 ml larutan yang keluar masuk hanya sedikit pada bagian tengah saluran pembuangan saja sedangkan pada pembuangan dan penambahan substrat 75 ml hampir menguras seluruh larutan yang ada pada anoda hal tersebut dapat mempengaruhi konduktivitas dan reaksi pada kompartemen anoda.

Berdasarkan data grafik yang ditunjukkan oleh gambar 2 penambahan substrat 50 ml/2 hari menghasilkan arus yang tinggi pada awal penelitian, sedangkan pada produksi tegangan tidak menghasilkan tegangan yang paling tinggi. Hal tersebut dapat dianalisis bahwa tinggi rapat arus yang dihasilkan bukan hanya disebabkan oleh jumlah ion atau elektron yang di hasilkan dari reaksi bakteri saja, namun dapat dipengaruhi oleh reaksi antara ion dan akseptor anoda dan katoda [24]. Penggunaan katoda dengan penambahan udara dari lingkungan dapat mengandung bakteri yang masih belum jelas. Mekanisme transfer elektron dapat terjadi dengan dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Mekanisme transfer elektron secara langsung dapat disebabkan oleh kemungkinan adanya bakteri yang tidak menempel pada anoda dan menyebabkan nilai rapat arus meningkat. Mekanisme transfer elektron secara tidak langsung dihasilkan dari proses oksidasi

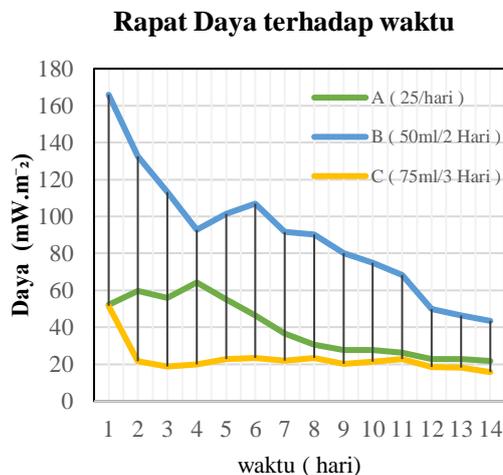
Arus yang diproduksi oleh MFC dihasilkan dari reaksi dari mikroba yang bereaksi dengan sumber makanan dan menghasilkan elektron, dimana elektron tersebut diterima oleh akseptor pada kompartemen anoda yaitu anoda dan elektron yang telah diterima akan berpindah dari anoda ke katoda melalui rangkaian listrik dikarenakan ada beda potensial antar elektroda tersebut [22,23].

Pada penelitian ini penambahan dan pembuangan substrat yang sudah sebagian bereaksi sebelumnya menyebabkan jumlah bakteri sebagai pereaksi dan nasi basi sebagai makanan memungkinkan menjadi lebih terkontrol dari volume substratnya [24] dan hanya mempengaruhi elektron yang dihasilkan oleh reaktor dalam produksi arus listrik. Hal tersebut

bakteri pada permukaan anoda [28,29]. Pembentukan biofilm pada katoda juga dapat mempengaruhi dapat menghambat transfer ion hidroksi menjauh dari elektroda dan mempengaruhi produksi arus [30]. Reaktor B menghasilkan nilai tinggi dari awal dapat disebabkan oleh preparasi elektroda yang baik dan tidak menghasilkan lapisan biofilm yang dapat menghambat arus. Hal ini dapat dilihat dan dibandingkan pada hasil foto yang tertera pada lampiran 4 dimana elektroda pada reaktor B memperlihatkan hasil yang paling bersih diantara reaktor lainnya.

4.4. Hasil pengukuran *power density*

Rapat daya dapat dihitung menggunakan persamaan besarnya daya berbanding dengan luas permukaan. Berikut merupakan grafik hasil produksi kerapatan daya pada MFC dengan sistem semi kontinyu pada gambar 3.



Gambar 3

konstan dan dapat dianalisis menggunakan nilai variansi dimana reaktor C memiliki nilai 73,02 dibandingkan dengan reaktor A 242,778 dan reaktor B 1156,68 yang mana semakin menjauhi angka 0 yang menyatakan bahwa banyaknya variasi yang dimiliki reaktor B dan C jauh lebih banyak dibandingkan reaktor C. Rapat daya maksimum dihasilkan diawal pengukuran pada reaktor B yaitu sebesar 165,889 mW.m⁻².

4. Kesimpulan

1. Produksi tegangan, rapat arus, dan rapat daya MFC dengan sistem semi kontinyu menghasilkan tegangan dan arus yang lebih stabil dibandingkan MFC yang menggunakan sistem batch berdasarkan penelitian Tagrid 2018.
2. Hasil pengukuran tegangan yang paling stabil diperoleh dari reaktor MFC semi kontinyu chamber C (penambahan substrat setiap tiga hari sekali) dengan nilai variansi 0.00159.
3. Hasil pengukuran rapat arus yang paling stabil diperoleh dari reaktor MFC semi kontinyu chamber C (penambahan substrat setiap tiga hari sekali) dengan nilai variansi 136.155.
4. Hasil pengukuran rapat daya yang paling stabil diperoleh dari reaktor MFC semi kontinyu chamber C (penambahan substrat setiap tiga hari sekali) dengan nilai variansi 73.02.

Daftar Pustaka:

- [1]. Walisiewicz, M, 2003 Energi Alternatif: Panduan ke Masa Depan Teknologi Energi, Terjemahan oleh Dwi Setya Palupi (Jakarta: Penerbit Erlangga,2003)
- [2]. Sleutels, Tom, H.J.A. 2010. Microbial Electrolysis. Kinetics and Cell Design. Belanda: Wageningen University.
- [3]. R. Prasetya, B. Susilo, & M. Luthfi, 2013 Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biogas terhadap Emisi Gas Buang Mesin Generator Set. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem.77-84
- [4]. Gude, Gnaneswar, Veera. 2016. "Wastewater treatment in microbial fuel cells – an overview". J Cleaner Prod 122: 287-307.

Kerapatan daya dihasilkan dari perkalian antara kerapatan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh reaktor, maka dari itu bentuk grafik yang dihasilkan juga tidak jauh berbeda dengan grafik kerapatan arus yang dihasilkan.

Hasil grafik dari kerapatan daya pada MFC semi kontinyu diatas memiliki tren grafik yang sama dengan kerapatan arus yang dihasilkan, hal ini disebabkan dari tegangan yang dihasilkan pada MFC semi kontinyu relatif konstan. Produksi kerapatan daya yang dihasilkan pada reaktor MFC semi kontinyu menghasilkan rata-rata daya yang rendah namun relatif konstan.

Reaktor C dengan penambahan 75 ml setiap tiga hari menghasilkan nilai yang lebih

- [5]. Rohan, D., Deepa, V., Rohan, G., dan Satish, B. "Bioelectricity Production from Microbial Fuel using Escherichia Coli (Glucose and Brewery Waste)". *International Research Journal of Biological Sciences*. 2013. 2 (7), pp. 50-54
- [6]. Zhou, M., Wang, H., Hasset, D.J., dan Gu, T." Riview: Recent advances in microbial fuel cells (MFCs) and microbial electrolysis cells (MECs) for wastewater treatment, bioenergy and bioproducts". *J ChemTechnol Biotechnol*. 2012. 88 pp. 508–518.
- [7]. Mohan, S., Venkata, S.S., Velvizhi, G., Babu, M., and Lenin. "Microbial Fuel Cells for Sustainable Bioenergy Generation: Principles and Perspective Applications". *Biofuel Technologies*. 2013. 14. pp. 335-368.
- [8]. Kristin, Ester., 2012, *Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe*, Skripsi, FT UI, Depok.
- [9]. Chang Raymond. (2005). *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti* (edisi 3.). Jakarta: Erlangga.
- [10]. Paramitha Octavia (2018). *Pengaruh Elektroda pada Kinerja Microbial Fuel Cell terhadap Kerapatan Daya Listrik dengan menggunakan Lumpur Bakau sebagai Substrat*. Fakultas teknik elektro. Universitas Telkom. Bandung.
- [11]. Zhang, Yifeng. 2012. *Energy Recovery from Waste Streams with Microbial Fuel Cell (MFC)-Based Technologies*. PhD Thesis DTU Environment, Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark
- [12]. Orna, Mary, Virginia.1994. *A Source Book Module Electrochemistry*.Department of Chemistry College of New Rochelle, New York
- [13]. Nurul Ulfia (2014). *Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen demand (COD) dan Larutan Garam dalam Jembatan Garam Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cell*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.Semarang
- [14]. N. E.-S. Nasr, "Investigation of Bio-hydrogen and Bio-methane Production drom Thin Stillage," 2012.
- [15]. Kartika Dian Kurniasari (2016). "Pengaruh Variasi Waktu Pengisian pada Reaktor Anaerobik Mesofilik Semi Kontinyu Penghasil Biohidrogen".Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom. Bandung.
- [16]. N.H Wicaksono, "Pengaruh laju pembebanan terhadap produktivitas biogas berbahan baku kotoran sapi pada digester semi kontinyu",2016.
- [17]. Tagrid Ruwaida, (2018)" *Studi Potensi Pengaruh Penambahan Nasi Basi pada Sedimen Kolam Ikan Universitas Telkom sebagai Sumber Energi Listrik Melalui Sistem Sel Tunam Mikroba*'. Fakultas Elektro. Universitas Telkom.
- [18]. Mahmud, M. K., Hermana, Zulfianto, N. A., Roanna, R., Apriyantono, Ngadiarti, I., Hartati, B., Bernadus dan Tinexcellly. 2009. *Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI)*. PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [19]. Fadhilah Irwan, Afdal (2016) "Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air". *Fisika*.Universitas Andalas.
- [20]. N. D. Manser, "Effects of Solids Retention Time and Feeding Frequency on Performanceand Pathogen Fate in Semi-continuous Meshophilic Anaerobic Digesters," 2015.
- [21]. Raymond Chang. 2010. *Chemistry 10th Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- [22]. Halliday. Resnick. 2014. *Fundamental of Physics 10th Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.Inc
- [23]. Logan. Bruce E. 2009.*Nature Review | Microbiology: Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells*. New York: Macmillan Publishers.
- [24]. Logan. Bruce E. 2007. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons.Inc.
- [25]. Logan. Bruce E. 2006. *Critical Review Microbial Fuel Cell: Methodology and Technology*. University of Pensilvanya.
- [26]. Michaelides Efstathios E. 2012. *Alternative Energy Source*. Berlin. Jerman.
- [27]. Netty Kusumawati. 2000. *Jurnal pangan dan Gizi : Peranan Bakteri Asam Laktat dalam Menghambat Listeria monocytogenes pada Bahan Pangan*.
- [28]. Alvindo C. 2017. *Pembentukan Biofilm Elektroda Tembaga yang Berbeda Jarak dalam Microbial Fuel Cell Limbah Cair Perikanan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Intitut Pertanian Bogor.
- [29]. Santoro C, Arbizzani C, Erable B. 2017. *Microbial Fuel Cell: From Fundamentals to Applications*. A review. *Journal of Power Resource*. 30: 1-20.
- [30]. Oliot M, Etchevery I, Mosdale A. 2016 *Removable air chatode to overcome chatode biofouling in microbial fuel cellnperfomance*. *Journal of Power Source*. 30: 1 – 11.