

Analisis Pengaruh ketebalan *Proton Exchange Membrane* berongga pada Microbial Fuel Cell Dual Chamber Terhadap hasil Produksi Energi Listrik

Analysis of the Effect of Hollow Proton Exchange Membrane Thickness on Dual Chamber Microbial Fuel Cells on Electrical Energy Production Results

1st Muhammad Aderaka Fasha
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
muhammadaderaka@student.telkomuniversity.ac.id

2nd M. Ramdhan Kirom,
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id

3rd Nurwulan Fitriyanti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nurwulanf@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pemanfaatan energi di Indonesia semakin lama terus semakin bertambah, mengingat sumber energi yang ada sekarang diperkirakan akan habis. Penggunaan secara berlebihan, tentunya akan mendorong lebih cepat energi habis dari yang sudah diperkirakan. Oleh sebab itu dibutuhkan pengembangan energi alternatif sebagai energi terbarukan. Microbial Fuel Cell (MFC) menjadi salah satu inovasi terbarukan. Prinsip kerja metode ini adalah mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan memanfaatkan bakteri untuk menghasilkan energi listrik dari bahan organik. Dalam MFC *dual-chamber* yang menggunakan tanah liat sebagai PEM komposisi tanah liat akan berpengaruh terhadap kinerja reaktor. Penggunaan PEM juga sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya hanya saja pada penelitian sebelumnya menggunakan jembatan garam yang terbuat dari sumbu kompor yang kemudian dipilin dan di rendam kedalam larutan garam (NaCl). Setiap kompartemen mampu menampung hingga 500 mL dan dipisahkan oleh keramik yang terbuat dari tanah liat sebagai Proton Exchange Membrane

(PEM). Elektroda yang digunakan adalah seng pada anoda dan tembaga pada katoda dengan luas permukaan masing – masing sebesar 10 cm². Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa daya maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 0,13 mW dan energi maksimum sebesar 1909,40 mJ pada reaktor dengan variasi komposisi lumpur sawah 300 mL dan kulit pisang 100 mL.

Kata kunci — *microbial fuel cell*, kulit pisang, lumpur sawah, tanah liat.

Abstract—The use of energy in Indonesia continues to increase over time, considering the current energy sources are estimated to be running out. Excessive use, of course, will encourage energy to run out faster than expected. Therefore, it is necessary to develop alternative energy as renewable energy. Microbial Fuel Cell (MFC) is one of the renewable innovations. The working principle of this method is to convert chemical energy into electrical energy by utilizing bacteria to produce electrical energy from organic materials. In a dual-chamber MFC that uses clay as PEM the clay composition will affect the reactor performance. The use of PEM has also been carried out in previous studies, only

in previous studies using a salt bridge made of a stove wick which was then twisted and soaked in a salt solution (NaCl). Each compartment can hold up to 500 mL and is separated by a ceramic made of clay as a Proton Exchange Membrane (PEM). The electrodes used are zinc at the anode and copper at the cathode with a surface area of 10 cm² each. Based on the results of previous studies, it is shown that the maximum power that can be generated is 0.13 mW and the maximum energy is 1909.40 mJ in the reactor with variations in the composition of 300 mL rice mud and 100 mL banana peel.

Keywords: *microbial fuel cell, banana peel, field mud, clay.*

I. PENDAHULUAN

Proton Exchange Membrane (PEM) merupakan sel elektrokimia menggunakan bahan bakar hidrogen yang dioksidasi pada anoda dan oksigen yang direduksi pada katoda. Fungsi utama dari PEM adalah sebagai penukar proton, yang diyakini sebagai jenis sel bahan bakar yang paling menjanjikan untuk bertindak sebagai pengganti sumber tenaga terbarukan.

Tanah liat merupakan jenis tanah yang terbentuk dari proses pelapukan kerak bumi. Tanah liat adalah salah satu jenis tanah yang banyak mengandung leburan aluminium atau silika yang sangat halus. Selain itu, tanah liat juga mengandung beberapa unsur lain seperti silikon dan oksigen. Oleh karena itu, tanah liat mempunyai potensi untuk dapat dijadikan sebagai energi listrik alternatif. Potensi merupakan suatu bentuk sumber daya atau kemampuan yang cukup besar namun kemampuan tersebut belum tersingkap dan belum diaktifkan.

Keramik masih digunakan hingga saat ini untuk pengolahan elektrokimia air limbah, terutama dengan mengubah polutan menjadi bahan tidak beracun. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara dengan menggunakan diafragma keramik, misalnya aliran sungai yang tercemar dapat diolah melalui elektrokoagulasi (Li et al., 2011a, Li et al., 2011b) serta ultrafiltrasi (Gringer et al., 2015). Membran keramik dapat dimodifikasi untuk mencapai peningkatan selektivitas, untuk transfer kation, memungkinkan perawatan melalui elektrodialisis yang efektif (Linkov dan Belyakov, 2001), sementara diafragma keramik mikropori menawarkan

stabilitas terhadap agen pengoksidasi, memungkinkan penggunaannya dalam penghilangan elektrodialitik kation logam berat (Dzyazko dkk., 2007). Membran mikrofiltrasi keramik dapat disesuaikan menggunakan berbagai bahan potensial termasuk alumina, mullite, kordierit, silika, spinel, zirkonia, dan oksida lainnya. Ini dapat mempengaruhi sifat dan besarnya interaksi antara permukaan membran dan larutan, sehingga mempengaruhi fluks perembesan pelarut dan zat terlarut melalui pori-pori membran. Mereka dapat digunakan sebagai filter air dasar, sebagai unit ultrafiltrasi dan untuk membersihkan air limbah berminyak (Abbasi et al., 2010).

Penggunaan alternatifnya adalah melalui aliran elektroosmotik, sebuah fenomena yang pertama kali dilaporkan pada tahun 1809 oleh F.F. Reuss yang menunjukkan bahwa air dapat dialirkan melalui sumbat tanah liat berpori, dengan penerapan medan listrik (Reuss, 1809). Ketika medan listrik bekerja pada larutan elektrolit, kation pindah ke katoda dan anion pindah ke anoda. Oleh karena itu, transfer momentum antara ion yang bergerak dan molekul pelarut di sekitarnya terjadi dengan aliran cairan melalui membran, yang mengarah ke transpor elektro-osmotik. Elektro-osmosis adalah proses pengolahan air yang efektif dengan menghilangkan bahan organik yang larut dalam air dari tanah yang kaya akan lempung (Schultz, 1997). Ini juga merupakan fitur penting dari aplikasi sel bahan bakar, yang akan dibahas nanti sehubungan dengan sel bahan bakar mikroba keramik.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis ingin melakukan pengamatan berupa pengembangan sistem MFC yaitu menggunakan sistem MFC dual-chamber atau dua ruang dengan keramik dari tanah liat sebagai pemisah. Substrat yang digunakan yaitu lumpur sawah di daerah kecamatan Arcamanik sebagai penghasil bakteri pengurai dan limbah kulit pisang raja sebagai bahan makanan untuk bakteri. Variasi dilakukan pada panjang pipa yang digunakan dan limbah yang digunakan agar mendapatkan arus dan tegangan listrik yang maksimal. Tentunya pemilihan sistem dua ruang ini selain dinilai memiliki bentuk reaktor yang

cukup jika menggunakan PEM, tentu juga diharapkan dan diprediksi dapat melebihi keefektifan dan kestabilan sistem dalam memproduksi listrik lebih baik.

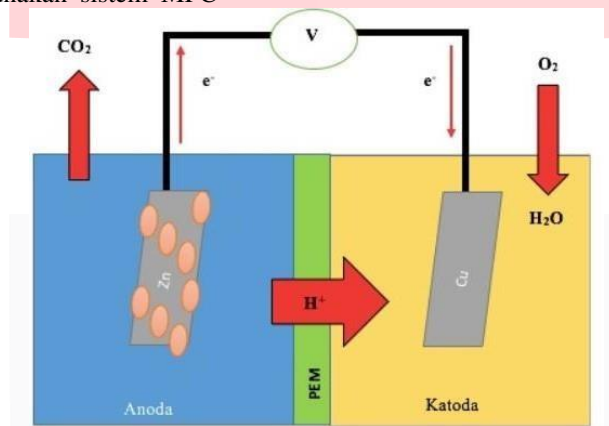
II. KAJIAN TEORI

A. Microbial Fuel Cell dan Desain

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan sebuah sistem yang mampu membentuk atau memproduksi energi listrik dari reaksi oksidasi substrat dengan bantuan mikroorganisme/bakteri. Adapun komponen dalam sistem MFC terdiri dari dua kompartemen yaitu katoda dan anoda, dimana komponen pada anoda yang digunakan adalah mikroorganisme/bakteri. Salah satu kelebihan menggunakan sistem MFC

yaitu sistem ini dapat menghasilkan energi listrik dari limbah organik. Bakteri yang ada pada substrat dapat dijadikan katalis dan mampu beradaptasi terhadap limbah organik sehingga menghasilkan elektron [1]. Pada MFC, penggunaan katalis dapat digantikan oleh pertumbuhan mikroorganisme/bakteri yang ada didalam substrat. Pada penelitian sebelumnya yang

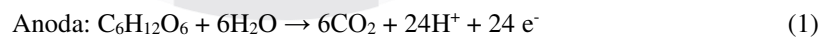
dilakukan oleh Ananta Lakshmi Konthapali yang berasal dari University of Wisconsin-Milwaukee, sistem MFC ini diteliti menggunakan mikroorganisme dan menghasilkan power density 18 mW/m³. Pada gambar 1. menjelaskan reaktor yang digunakan berbentuk silinder berbahan akrilik dengan



GAMBAR 1.
DESAIN MFC DUAL CHAMBER

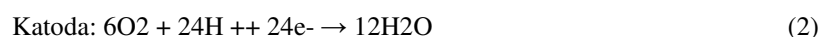
ukuran 500 mL. pada bagian anoda atau lumpur sawah dan kulit pisang diletakkan lempengan Zn berukuran 5 cm x 5 cm, kemudian pada bagian katoda atau air diletakkan lempengan Cu berukuran 5 cm x 5 cm. elektron

diproduksi di anoda dan kemudian elektron berpindah ke katoda melalui PEM yang terbuat dari keramik. Reaksi yang akan terjadi pada sistem MFC adalah sebagai berikut:

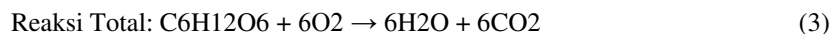


Dalam reaksi ini terjadi proses digestive bakteri pada ruang anoda. Dimana substrat menghasilkan

elektron (e^-) dan proton (H^+) dari proses oksidasi.



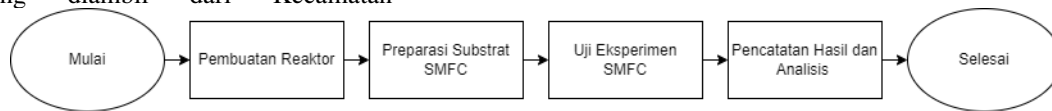
Pada katoda terjadi reaksi reduksi dimana ion positif berkombinasi dengan oksigen dan elektron untuk menghasilkan air.



B. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, menggunakan substrat kulit pisang dan lumpur sawah yang diambil dari Kecamatan

Arcamanik, Bandung. Berikut adalah diagram blok pada penelitian Microbial Fuel Cell Dual Chamber.



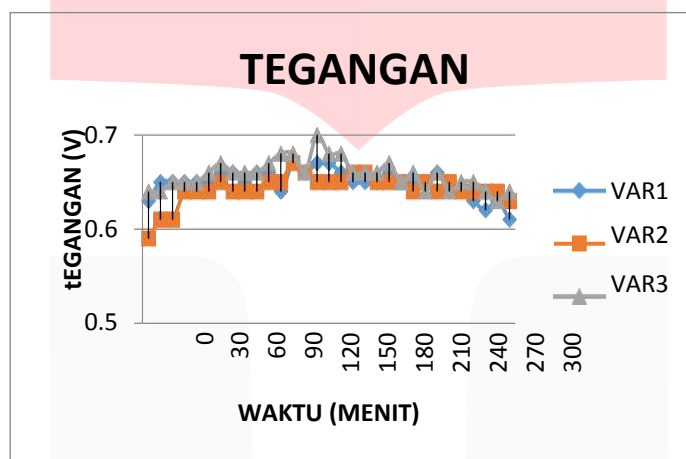
GAMBAR 2.
DIAGRAM BLOK

Pada penelitian ini dilakukan tiga variasi ketebalan PEM yaitu 0,5 cm, 0,75 cm dan 1 cm. dengan substrat yang sama. Pengambilan data dilakukan selama 3 hari berturut – turut selama lima jam dan data diambil setiap 30 menit.

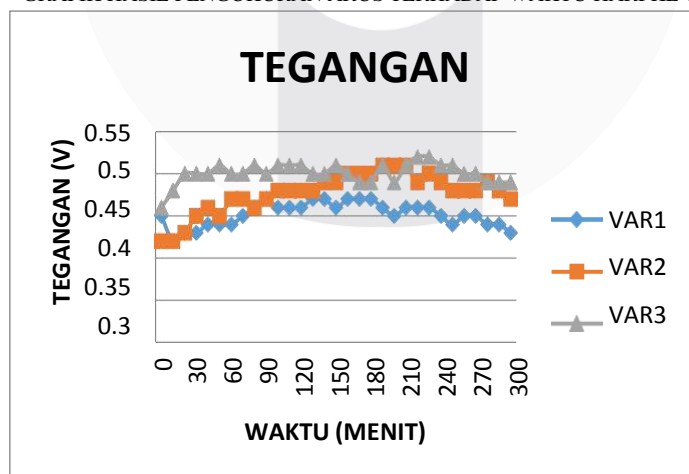
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Tegangan Terhadap Waktu

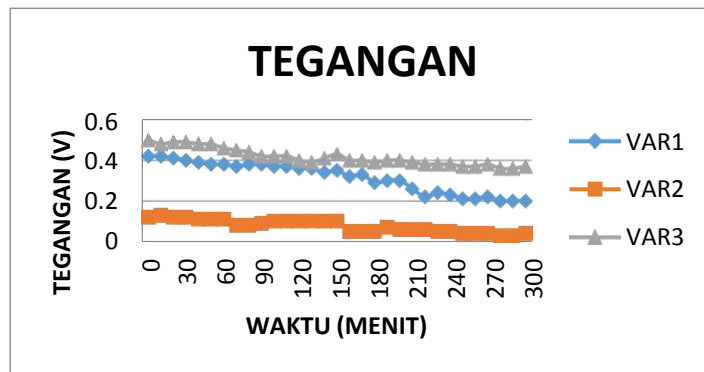
Berikut merupakan grafik produksi tegangan terhadap waktu dari MFC Dual-chamber:



GAMBAR 3.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN ARUS TERHADAP WAKTU HARI KE-1



GAMBAR 4.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN ARUS TERHADAP WAKTU HARI KE-2



GAMBAR 5.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN ARUS TERHADAP WAKTU HARI KE-3

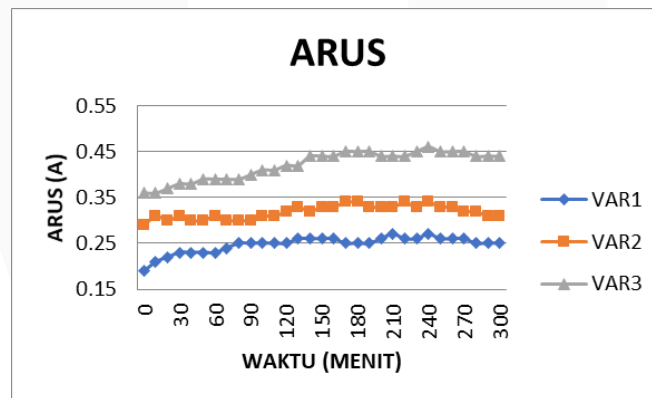
Pada gambar 3, 4 dan 5 diatas merupakan hasil dari pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh reaktor 1,2 dan 3. Dari ketiga grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil keluaran tegangan pada

tiap reaktor dari hari ke-1 hingga hari ke-3 cenderung menurun. Penurunan nilai tegangan ini disebabkan oleh munculnya karat pada material elektroda sehingga menyebabkan proses produksi listrik semakin mengecil. Penelitian selama 3 hari berturut – turut, reaktor 1 menghasilkan rata-rata tegangan 0,316

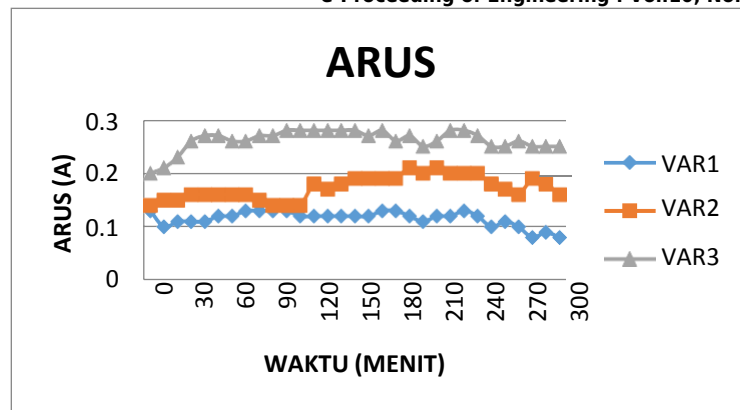
mV, reaktor 2 sebesar 0,411 mV dan pada reaktor 3 sebesar 0,415 mV. Hasil produksi tegangan terbesar terjadi di hari ke-1 pada reaktor 3 dengan variasi panjang PEM 0,5 cm. Selain itu juga disimpulkan bahwa ketebalan tanah liat sebagai PEM sangat berperan dalam produksi tegangan pada sistem MFC dual-chamber ini.

B. Hasil Pengukuran Arus Terhadap Waktu

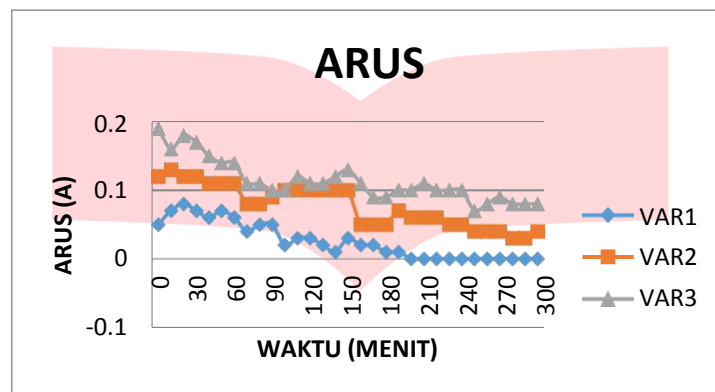
Berikut merupakan grafik produksi arus terhadap waktu dari MFC Dual chamber:



GAMBAR 6.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN ARUS TERHADAP WAKTU HARI KE-1



GAMBAR 7.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN ARUS TERHADAP WAKTU HARI KE-2

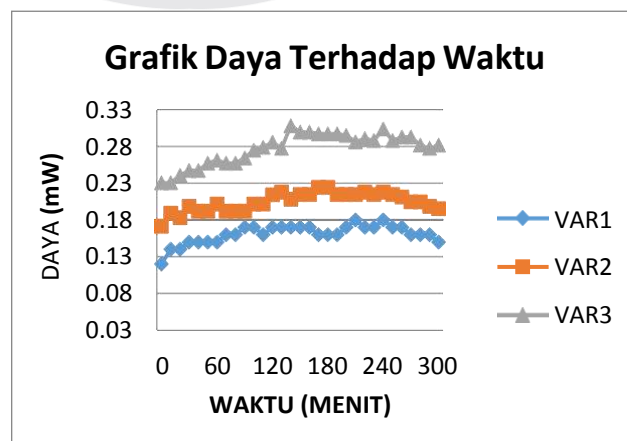


GAMBAR 8.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN ARUS TERHADAP WAKTU HARI KE-3

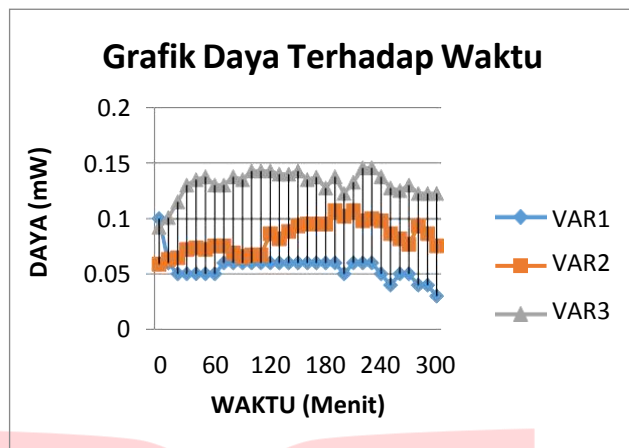
Pada gambar 6,7 dan 8 menunjukkan bahwa arus yang dihasilkan oleh MFC dual-chamber pada hari ke-1 di reaktor variasi ke-3 dengan ketebalan PEM $\frac{1}{2}$ cm memiliki nilai arus yang paling besar dibanding dengan reaktor variasi ke-1 dan ke-2, nilai arus tertinggi ada

pada 0,46 mA di menit ke 240, kemudian di menit berikutnya nilai keluaran arus cenderung menurun. Kemudian nilai keluaran arus terkecil ada pada reaktor ke-1 dengan variasi ketebalan PEM 1cm.

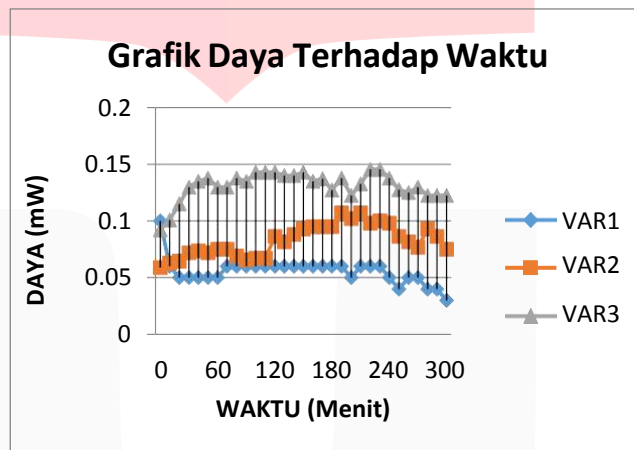
C. Hasil Pengukuran Daya Terhadap Waktu



GAMBAR 9.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DAYA TERHADAP WAKTU HARI KE-1



GAMBAR 10.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DAYA TERHADAP WAKTU HARI KE-2



GAMBAR 9.
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DAYA TERHADAP WAKTU HARI KE-3

Perhitungan daya dilakukan dengan mengolah hasil pengamatan kuat arus dan tegangan yang telah dilakukan pada pengamatan sebelumnya menggunakan persamaan 3.. Nilai daya digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh variasi ketebalan PEM terhadap produksi daya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa sistem MFC dual-chamber dengan tanah liat sebagai PEM menghasilkan daya maksimum sebesar 0,30 mW pada reaktor 1 dengan variasi ketebalan PEM 0,5 cm. Kinerja pada sistem MFC dual-chamber dengan tanah liat sebagai PEM akan lebih maksimal jika menggunakan ketebalan PEM yang kecil.

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] Surajit Das dan Neelam Mangwani (2010) "Recent Developments in Microbial Fuel Cells : A Review," Jurnal of Scientific & Industrial Research, pp. 727-731.
- [3] Lakshmi Konthapali, Ananta. (2013). "Sediment Microbial Fuel Cell As Sustainable Power Resource". Milwaukee: University of Wisconsin.
- [4] Sitorus, Berlian. 2010. Diversifikasi Sumber Energi

Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba. Pontianak: Universitas Tanjung Pura.

- [5] Rosita, Dessy. 2017. Study Pemanfaatan Lumpur Sebagai Sumber Alternatif Energi Dengan Menggunakan Microbial Fuel Cells (MFCs). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Ayuningtyas, Apriliani. 2017. Pemanfaaan Bakteri Eschericia coli dan Shewanella oneidensis dalam Limbah Organik pada Produksi Listrik dengan Microbial Fuel Cell (MFC). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.