

PENGARUH MIKROORGANISME TERHADAP PRODUKTIVITAS ENERGI LISTRIK MFC DENGAN VARIASI LIMBAH PABRIK TAHU DAN LIMBAH PERIKANAN

Muhammad Novriandy¹⁾, Mastiadi Tamjidillah²⁾, Nizar Ramadhan³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Telp. 0511 – 4773858

Email : m.novri01@gmail.com

Abstract

Energy is a very fundamental necessity in human life. Current energy usage is highly dependent on the surrounding environment. Especially in remote areas, which require simple energy instruments such as batteries or fuel cells. The Fuel cell is an energy instrument that transfers electricity from a rechargeable source using external materials. Microbial Fuel Cell (MFC) is an alternative form of environmentally friendly energy that is commonly used as a source of energy in the future. MFC is an energy instrument that can convert chemical energy into electrical energy through catalytic reactions by utilizing microorganisms. Plant waste tofu and fishery waste is a waste that contains a lot of carbohydrates, proteins, and fats that usually cause heavy pollution to the waters. By utilizing the liquid waste itself is one way of solving problems in the environment and lack of energy by using the MFC system. For the experiment, this time aimed to compare the electrical energy generated between waste plant tofu and sewage fisheries. In a strong MFC experiment current on plant waste knows an increase as much as 1.47% of fisheries waste, while for voltages in the trial MFC waste fisheries have increased by 1.19% from tofu plant waste.

Keywords: *Microbial Fuel Cell, Waste Tofu and Fishery Waste, Electrical Energy*

PENDAHULUAN

Energi adalah sebuah kebutuhan yang sangat mendasar dalam kehidupan manusia. Penggunaan energi saat ini sangatlah bergantung dengan keadaan lingkungan di sekitar. Khususnya pada daerah-daerah terpencil, yang memerlukan instrument energi yang sederhana seperti baterai atau *fuel cell*. *Fuel cell* adalah sebuah instrument energi yang mentransfer listrik dari sumber yang dapat diisi ulang menggunakan bahan dari eksternal. *Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah salah satu bentuk alternatif energi yang ramah lingkungan yang biasa digunakan sebagai sumber energi dimasa depan. MFC merupakan instrument energi yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik dengan memanfaatkan mikroorganisme. Limbah pabrik tahu dan limbah perikanan adalah limbah yang mengandung banyak karbohidrat, protein, dan lemak yang biasanya menyebabkan polusi berat pada perairan. Dengan memanfaatkan limbah cair pabrik tahu dan limbah perikanan sebagai substrat pada system MFC. Pada penelitian ini diharapkan menjadi salah satu alternative sumber energi yang dapat dimanfaatkan masyarakat secara luas.

Microbial Fuel Cell

Microbial fuel cell atau (MFC) adalah alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui aktivitas *catalytic* dari *microorganism*. *Microbial Fuel Cell* atau MFC adalah instrument pembangkit energi listrik yang memanfaatkan bakteri pada alam. Bakteri yang terdapat medium organik dapat merubah bahan organik menjadi energi listrik. Sifat bakteri yang bias memecah medium organik pada MFC dapat menghasilkan ion electron dan proton, ion-ion inilah yang biasanya dimanfaatkan untuk mendapatkan perbedaan potensial listrik sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

Prinsip Kerja MFC

Microbial fuel cell atau (MFC) merupakan system yang mengkonversi energi kimia yang terdapat pada substrat *bio-convertible* menjadi energi listrik, menggunakan katalis dari bakteri. Bakteri adalah organisme yang sangat kecil yang dapat mengkonversi berbagai macam senyawa organik menjadi CO₂, air dan energi. Mikroba menggunakan energi yang dihasilkan untuk melangsungkan pertumbuhan dan aktivitas metabolisme. Melalui system MFC sebagian dari energi yang dihasilkan bias diambil dalam bentuk listrik.

Pada umumnya sebuah sistem MFC terdiri atas anoda, katoda membran untuk penukar kation atau proton dan sirkuit listrik. Sistem pada MFC ini memanfaatkan hasil dari proses metabolisme bakteri yang dapat mengurai glukosa menjadi hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂). Hidrogen adalah bahan baku yang biasa digunakan untuk dapat melakukan reaksi reduksi dengan oksigen, sehingga melepaskan electron pada anoda sebagai sumber arus listrik (Fitrialdi, 2011). Bakteri akan melakukan metabolisme dengan bakteri hidup yang ada pada anoda dan merubah substrat seperti glukosa, asetat, juga limbah cair CO₂, proton dan elektron. Dalam ruangan anoda MFC, tidak terdapat oksigen, sehingga bakteri harus mengubah aseptor elektronnya menjadi aseptor *insoluble* seperti anoda MFC. Elektron hasil metabolisme mikroba kemudian dialirkan melalui sirkuit listrik dengan muatan pada katoda. Beda potensial antara anoda dan katoda bersama dengan aliran elektron untuk menghasilkan daya.

Aerasi Pada MFC

Kekurangan akseptor elektron pada katoda adalah salah satu factor dari kurangnya daya yang dihasilkan pada system MFC. Jumlah akseptor elektron berpengaruh terhadap keluarnya daya yang dihasilkan. Pada umumnya system MFC, oksigen digunakan sebagai akseptor elektron pada katoda. Pada keadaan 1 ATM, oksigen terlarut (DO) merupakan faktor pembatas utama. Pengaruh ini dihasilkan oleh dua peran penting dari oksigen pada sisi katoda, sebagai penerima elektron pada permukaan katoda dan pembatasan bakteri anaerob pada anoda. Selanjutnya, tingkat oksigen yang banyak menyebabkan perembesan oksigen ke dalam bagian anoda dan pertumbuhan mikroorganisme heterotrofik, yang mana akan menurunkan performa pada MFC. Namun oksigen adalah akseptor elektron yang paling sering digunakan karena ketersediaanya dan juga tidak beracun. Salah satu cara untuk penambahan oksigen pada sistem MFC adalah menggunakan aerator akuarium. Pada akuarium aerator digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen dengan cara meningkatkan tekanan yang membuat terurainya H₂O sehingga kebutuhan oksigen untuk ikan bernafas di dalam akuarium tercukupi. Semakin kecil gelembung oksigen yang dihasilkan, maka oksigen yang terdapat pada air akan semakin banyak.

METODE PENELITIAN

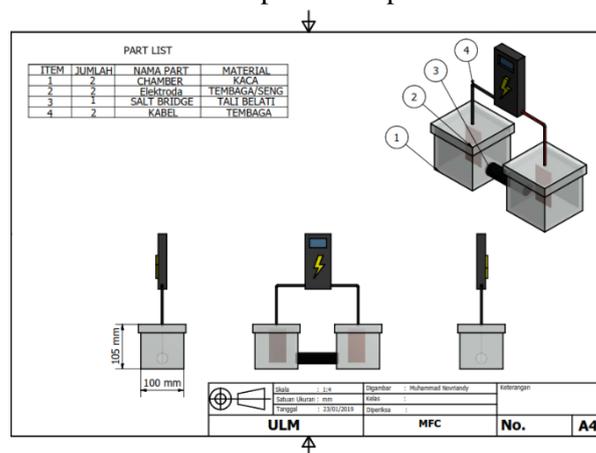
Alat dan Bahan

Secara umum alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat elektrolisis yang digunakan dalam sistem MFC dispreparasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Alat eletrolisis yang digunakan adalah Jembatan garam dari tali belati.
2. Jembatan garam berupa tali belati sebelum diaplikasikan pada MFC dengan cara direbus dengan larutan air garam selama 30 menit. Kemudian jembatan garam dibalut menggunakan *electrical tape*.
3. Elektroda yang digunakan adalah tembaga dan seng dengan lebar 5 cm, panjang 10 cm dan tebal 0,5 mm. Kemudian disambungkan dengan kabel sebagai penghubung untuk pengukuran arus listriknya.
4. Subtrat yang harus dipreparasi dalam penelitian ini terdiri dari limbah pabrik tahu, limbah perikanan tanpa glukosa dan dengan penambahan glukosa. Pada masing-masing limbah ditambahkan glukosa dengan skala 1:1 dan di endapkan selama 18 jam. Setelah itu substrat siap untuk dilakukan uji coba MFC. Substrat Limbah Pabrik Tahu dengan ukuran 750 ml dicampurkan 750 ml larutan gula pasir dengan takaran 10 sendok makan ke dalam botol air mineral berukuran 1500 ml. untuk substrat limbah perikanan 750 ml larutan glukosa di tambahkan dengan 200 ml air kemudian masukkan kepala udang dan kulit udang hingga memenuhi botol 1500 ml.
5. Elektrolit yang digunakan adalah aqudest dengan ukuran 1000 ml dalam penelitian MFC.

Eksperimen MFC

Pada penelitian ini, eksperimen MFC dilaksanakan dengan variasi jenis substrat, yaitu penggunaan limbah pabrik tahu dan limbah perikanan, MFC dibuat dengan menaruh dua buah chamber yang dihubungkan dengan jembatan garam. Wadah pada bagian anoda diisolasi dari udara, sedangkan wadah pada bagian katoda tidak diisolasi. Elektroda pada seng dan tembaga yang telah disesuaikan ukurannya diletakkan sesuai pada masing-masing wadah. Untuk desain MFC dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain MFC

Variasi Jenis Substrat

Pada eksperimen dengan substrat limbah pabrik tahu dan limbah perikanan, kompartemen anoda diisi dengan limbah pabrik tahu dan limbah perikanan dengan volume sebanyak 1000 mL pada setiap percobaan jenis substrat dan kompartemen katoda diisi dengan larutan elektrolit air aquades sebanyak 1000 mL.

Penambahan Aerator pada Sistem MFC

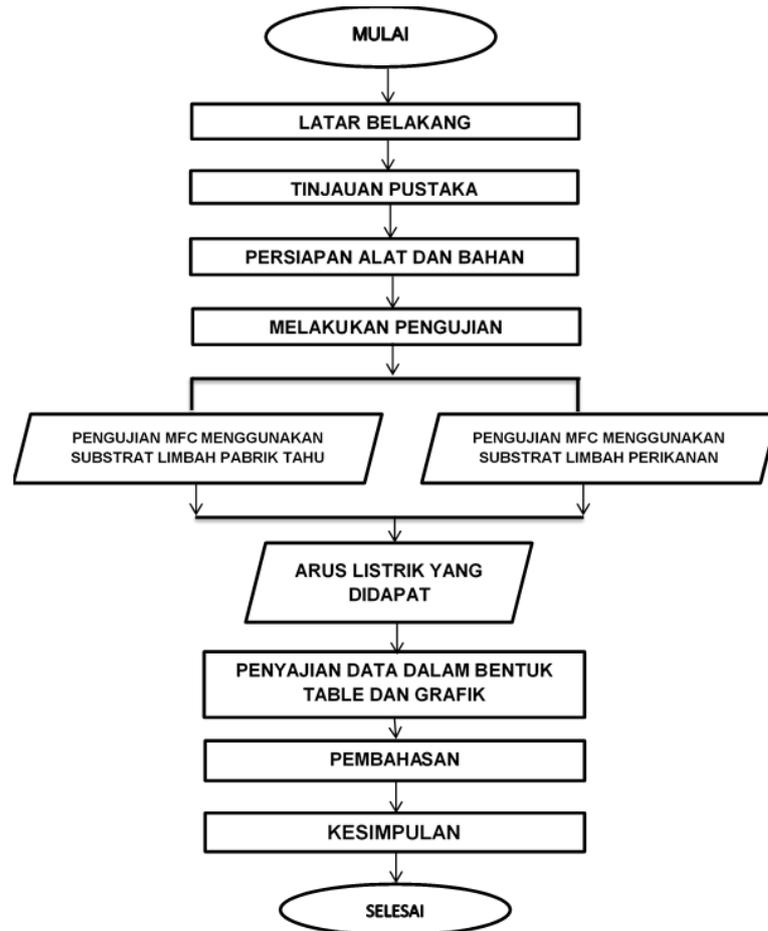
Pada bagian katoda, alat aerator akan di tambahkan pada sistem MFC yang kemudian diamati perubahan yang terjadi pada sistem proses kerja MFC.

Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Sistem MFC

Kuat arus dari sistem MFC akan diukur menggunakan multimeter digital. Sebelum pengukuran dilakukan alangkah baiknya multimeter digital dikalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil dan data yang akurat. Pengambilan data dilakukan satu jam sekali selama 12 jam.

Diagram Alir Penelitian

Penyajian data akan disajikan menggunakan Tabel dan grafik garis untuk memudahkan dalam melihat perubahan yang terjadi pada penelitian. Untuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar 2.



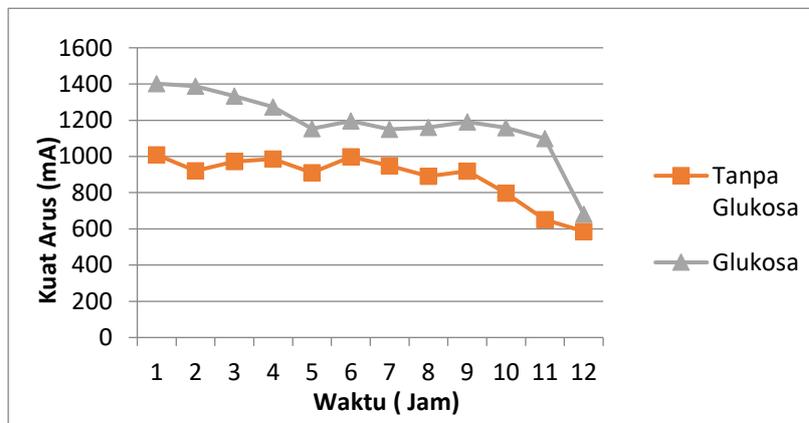
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

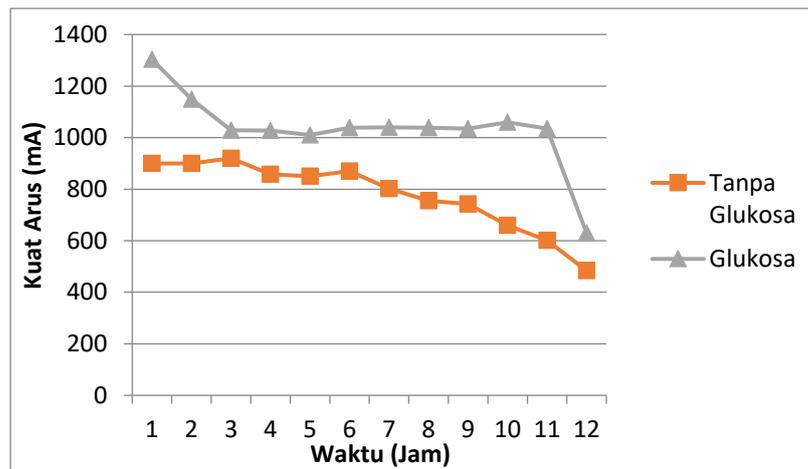
Data hasil penelitian pada limbah pabrik tahu dan limbah pabrik undang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dari Tabel tersebut dapat dilihat data kuat arus dan voltase dari masing-masing limbah yang dihasilkan selama 12 jam pengambilan data.

Tabel 1. Limbah Pabrik Tahu

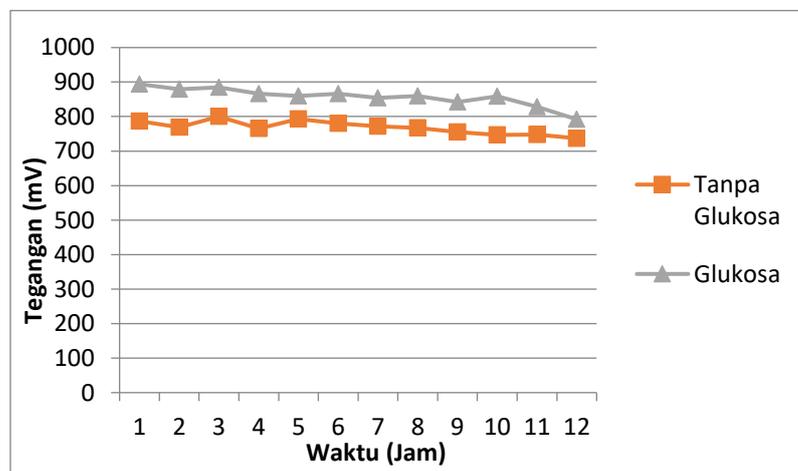
NO	JAM	KUAT ARUS (I) mA				VOLTASE (V) mV			
		TANPA GLUKOSA		GLUKOSA		TANPA GLUKOSA		GLUKOSA	
		O	X	O	X	O	X	O	X
1	10.00	1009	900	1402	1303	787	715	894	806
2	11.00	920	900	1388	1149	769	745	879	867
3	12.00	972	920	1333	1029	800	893	885	865
4	13.00	985	858	1274	1027	765	724	866	861
5	14.00	910	850	1154	1010	793	903	860	859
6	15.00	998	870	1196	1039	780	898	866	854
7	16.00	948	802	1149	1040	772	886	854	847
8	17.00	890	755	1160	1039	767	877	860	840
9	18.00	919	743	1190	1035	755	871	842	830
10	19.00	797	659	1158	1060	747	838	859	822
11	20.00	650	601	1099	1035	748	851	828	811
12	21.00	586	484	681	630	737	836	792	789



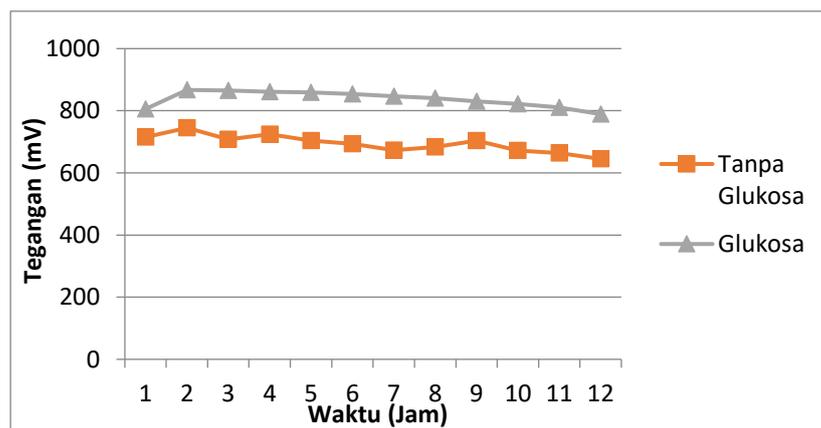
Gambar 3. Perbandingan Kuat Arus Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Aerator



Gambar 4. Perbandingan Kuat Arus Limbah Pabrik Tahu Tanpa Aerator



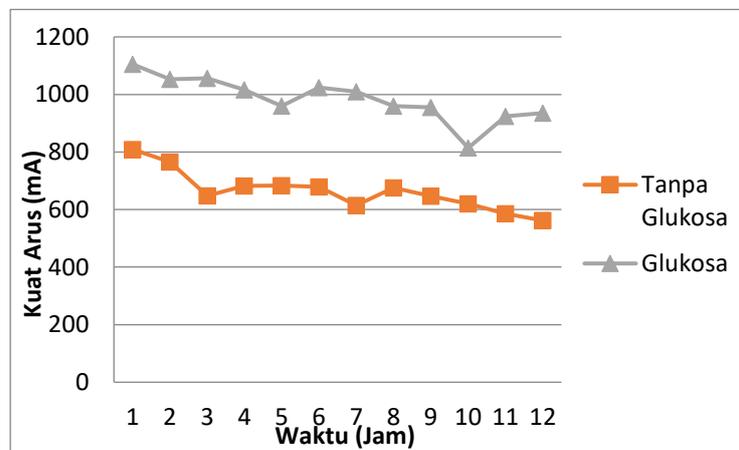
Gambar 5. Perbandingan Tegangan Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Aerator



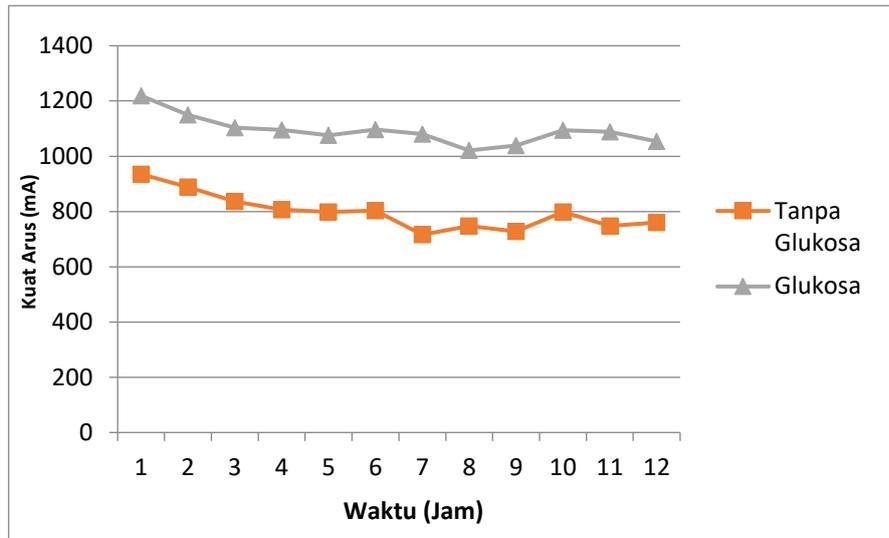
Gambar 6. Perbandingan Tegangan Limbah Pabrik Tahu Tanpa Aerator

Tabel 2. Limbah Perikanan (Kepala Udang dan Kulit Udang)

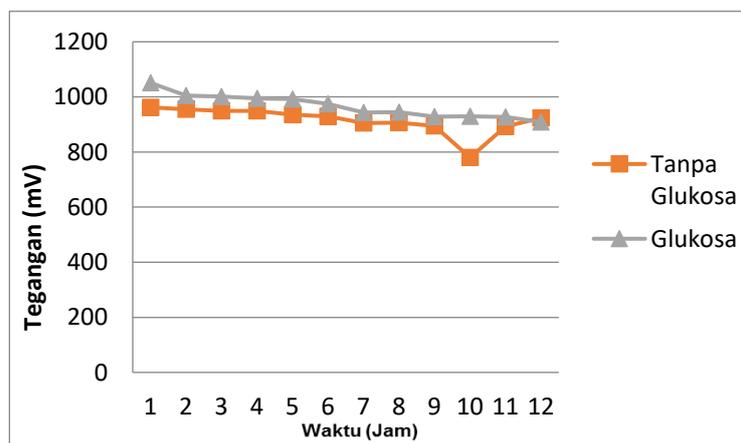
NO	JAM	KUAT ARUS (I)				VOLTASE (V)			
		TANPA GLUKOSA		GLUKOSA		TANPA GLUKOSA		GLUKOSA	
		O	X	O	X	O	X	O	X
1	10.00	935	809	1219	1105	962	952	1051	1008
2	11.00	889	765	1150	1053	955	953	1005	1020
3	12.00	837	648	1104	1056	949	951	1001	1013
4	13.00	806	682	1095	1016	949	958	995	1004
5	14.00	798	683	1076	960	935	946	992	1000
6	15.00	803	679	1096	1024	930	961	975	988
7	16.00	716	615	1080	1010	905	958	944	993
8	17.00	748	676	1021	960	906	941	945	994
9	18.00	728	647	1039	955	895	953	928	985
10	19.00	798	620	1094	814	780	947	929	992
11	20.00	748	586	1089	924	892	935	927	999
12	21.00	760	562	1054	935	924	928	909	983



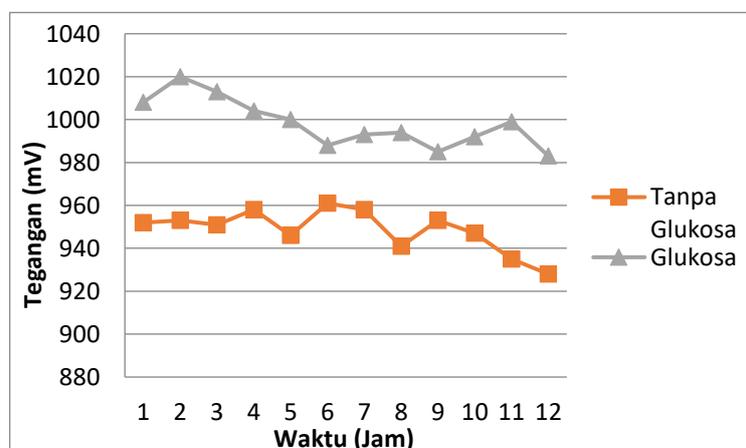
Gambar 7. Perbandingan Kuat Arus Limbah Perikanan (Kepala Udang dan Kulit Udang) Menggunakan Aerator



Gambar 8. Perbandingan Kuat Arus Limbah (Kepala Udang dan Kulit Udang) Tanpa Aerator



Gambar 9. Perbandingan Tegangan Limbah Perikanan (Kepala Udang dan Kulit Udang) Menggunakan Aerator



Gambar 10. Perbandingan Tegangan Limbah Perikanan (Kepala Udang dan Kulit Udang) Tanpa Aerator

Tabel 3. Hasil Perhitungan Populasi Mikroorganisme

No	Hasil Identifikasi	Populasi Mikroorganisme (cfu/ml)
1.	Sampel No. 1	$8,54 \times 10^{13}$
2.	Sampel No. 2	$1,9 \times 10^{13}$
3.	Sampel No. 3	$1,976 \times 10^{14}$
4.	Sampel No. 4	$2,6 \times 10^{13}$

Keterangan :

Sampel No. 1 = Limbah udang dengan glukosa.

Sampel No. 2 = Limbah udang tanpa glukosa.

Sampel No. 3 = Limbah pabrik tahu dengan glukosa.

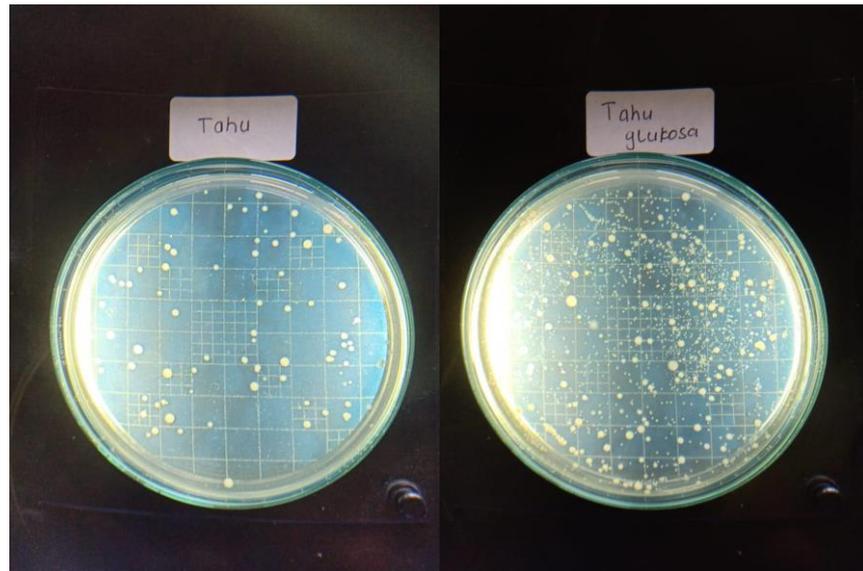
Sampel No. 4 = Limbah pabrik tahu tanpa glukosa.

Dari Tabel 3. dapat dilihat untuk jumlah populasi mikroba yang terdapat pada masing-masing substrat yang ditambahkan glukosa dan tanpa penambahan glukosa.

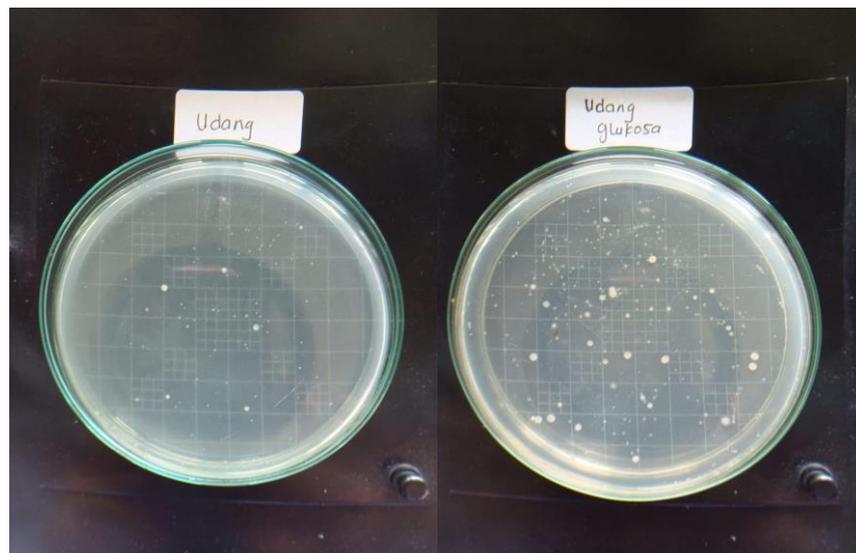
Dari hasil uji populasi mikroba dilaboratorium limbah pabrik tahu memiliki hasil yang lebih tinggi daripada limbah perikanan (kepala udang dan kulit udang. Maka hasil dari pengujian MFC untuk limbah pabrik tahu memiliki hasil pengujian yang lebih tinggi daripada limbah perikanan (kepala udang dan kulit udang).



Gambar 11. Sampel Substrat Untuk Uji Populasi Mikroba



Gambar 12. Hasil Laboratorium Limbah Pabrik Tahu



Gambar 13. Hasil Laboratorium Limbah Pabrik Perikanan

Pembahasan

Eksperimen MFC dengan variabel menggunakan limbah pabrik tahu dan limbah perikanan (kepala udang dan kulit udang) tanpa glukosa, kemudian ada juga penambahan glukosa 1:1, dan penambahan aerator, menghasilkan kuat arus dan tegangan yang berbeda-beda. Glukosa adalah bahan yang digunakan dalam eksperimen MFC karena glukosa mudah dioksidasi mikroba sehingga produksi listrik pada sistem MFC dapat meningkat. Terlihat pada table hasil dan grafik bahwa substrat yang ditambahkan glukosa, arus dan tegangannya lebih tinggi. Hal ini pun disebabkan karena adanya pertumbuhan kembangan mikroba yang mendapatkan makanan dari glukosa sehingga mempercepat metabolisme pada mikroba dan Output arus dan tegangan yang dihasilkan meningkat daripada yang tidak ditambahkan glukosa.

Dari hasil pengamatan Tabel dan grafik diatas arus dan tegangan yang lebih tinggi terlihat pada limbah pabrik tahu karena pada Tabel 3 limbah pabrik tahu memiliki jumlah populasi mikroba yang lebih banyak daripada limbah perikanan (kepala udang dan kulit

udang). Karena semakin banyak mikroba yang terdapat pada substrat maka semakin besar pula energi listrik yang akan dihasilkan. Hal ini juga dipengaruhi karena limbah pabrik tahu kaya akan protein dan banyaknya senyawa organik yang terdapat pada limbah pabrik tahu dapat dikonsumsi oleh mikroba membuat metabolisme mikroba meningkat tajam.

Peningkatan energi listrik juga terlihat pada alat MFC yang diberikan alat aerator pada bagian katoda. Aerator disini digunakan sebagai pemasok oksigen tambahan pada bagian katoda, yang dimana oksigen disini berperan sebagai akseptor elektron yang berpengaruh dengan kestabilan energi listrik dan besarnya energi listrik yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian MFC ini adalah sebagai berikut:

1. Pada percobaan MFC kuat arus pada limbah pabrik tahu mengalami kenaikan sebanyak 1,47% dari limbah perikanan, sedangkan untuk tegangan pada percobaan MFC limbah perikanan mengalami kenaikan sebanyak 1,19% dari limbah pabrik tahu.
2. Penambahan glukosa 1:1 pada masing masing substrat juga menambah produksi energi listrik pada percobaan MFC karena glukosa bahan yang mudah dioksidasi oleh mikroba sehingga metabolisme mikroba lebih cepat tumbuh dan memperbanyak populasi mikroba, sehingga memperbesar *Output* energi listrik pada sistem MFC.
3. Penambahan aerator pada sistem MFC memberikan peningkatan energi listrik dan menstabilkan energi listrik yang dihasilkan, karena memeberikan pasokan tambahan oksigen pada katoda.

DAFTAR PUSTAKA

- Amari S, Vahdati M , Ebadi T. 2015, *Investigation Into Effect Of Cathode Aeration On Output Current Characteristics In A Tubular Microbial Fuel Cell* : Islamic Azad University (IAU) : Iran.
- Ibrahim Bustami, Suptijah Pipih, Agung Bagus Sukma. 2017, Pengaruh Jarak Elektroda *Microbial Fuel Cell* pada Limbah Cair Pemindangan Ikan Terhadap Elektrisitas dan Bahan Pencemaran : Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ieropoulos, I., J, Greenman. 2008. *Microbial Fuel Cell Based On Carbon Veil Electrodes : Stack Configuration And Scalability. International Of Energy Research.*
- Januarita Rizki, Azizah Azka, Ulfa Anis, Syahidah Hilma, Samudro Ganjar. 2015, *Microbial Fuel Cell Pengolah Air Limbah Dan Penghasil Lisrik (Alternatif : Limbah Isi Rumen Sapi Dengan Pengaruh Variasi COD Dan PH)* : Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kristin Ester. 2012, *Produksi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe* : Universitas Indonesia, Depok.
- Li A. 2009, *Escherichia Coli With Pili and Flagella*. [http:// nanowerk.com](http://nanowerk.com) [10 maret 2019].
- Liu H. 2008, *Microbial Fuel Cell : Novel Anaerobic Biotechnology For Energi Generation From Waste Water. Anaerobic Biotechnology For Bioenergy Production : Principle And Application*. S. K. Khanal. Iowa, Blackwell Publishing :221-243.
- Najafgholi Z, Rahimnejad M, Najafpour G. 2014, *Effect Of Electrolyte Conductivity And Aeration On Performance Of Sediment Microbial Fuel Cell* : University Of Technology : Iran.
- Purwono, Hermawan, Hadiyanto. 2015 Penggunaan Teknologi Reaktor *Microbial Fuel Cell* (MFCs) dalam Pengolahan Limah Cair Industri Tahu untuk Menghasilkan Energi Listrik : Univesitas Diponegoro, Semarang.
- Saepulloh, Pramono Kristaufan Joko, Wardana Krisna Adhitya, Asthary Prima Besty. 2015 Biokonversi Bahan Organik pada Pengolahan Air Limbah Indrustri Pulp dan

Novriandy, M., Tamjidillah, M. & Ramadhan, N./Rotary 3 (1) 2021, page 107-118

Kertas Menjadi Energi Listrik Menggunakan Listrik Menggunakan *Membrane-less Microbial Fuel Cell* (ML-MFC): Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung.