

BIOKONVERSI BAHAN ORGANIK PADA LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN MENJADI ENERGI LISTRIK MENGUNAKAN *MICROBIAL FUEL CELL*

Aerani Arifani Widodo dan Munawar Ali

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: aeraniarifani12@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, padatan tersuspensi, serta bahan koloid seperti lemak, protein, dan selulosa. Bahan organik ini dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan jika dibuang langsung ke badan air. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair RPH perlu dilakukan untuk meminimasi potensi pencemaran lingkungan. Microbial Fuel Cell (MFC) adalah salah satu alternatif pengolahan air limbah dan penghasil bioenergi listrik yang dapat terbarukan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kuat arus listrik dan power density yang dihasilkan oleh MFC dan menurunkan kadar COD pada limbah cair RPH. Pada penelitian ini digunakan reaktor dual-chamber MFC dengan variasi jenis elektroda dan lama waktu inkubasi substrat selama 120 jam penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MFC menghasilkan kuat arus listrik maksimum sebesar 2,14 mA dan power density maksimum sebesar 4738,55 mW/m² oleh reaktor C. Reaktor MFC mampu menurunkan kadar COD limbah cair RPH hingga 71% dengan lama waktu inkubasi substrat 10 hari.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell, power density, COD*

ABSTRACT

Wastewater of slaughterhouse contains organic matter in high concentration, suspended solid, and colloidal matters such as fat, protein, and cellulose. This organic matter might cause many kinds of environmental problems if it is thrown away directly into the waterway. Therefore, wastewater treatment of slaughterhouse is needed to minimize the potential of environmental problems. Microbial Fuel Cell (MFC) is one of the wastewater treatment alternatives and a renewable electricity producer. The purpose of this research is knowing the electric current and power density that produced by MFC and removing the COD of slaughterhouse wastewater. In this research, dual-chamber MFC is used with the variation of electrode types and substrate incubation time within 120 hours research. The result shows that MFC producing the maximum electric current of 2,14 mA and maximum power density of 4738,55 mW/m² by C reactor. MFC reactor is able to remove the COD of slaughterhouse wastewater until 71% within 10 days of substrate incubation time.

Keywords: *Microbial Fuel Cell, power density, COD*

PENDAHULUAN

Limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH) mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, padatan tersuspensi, serta bahan koloid seperti lemak, protein, dan selulosa. Bahan organik ini dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan jika dibuang langsung ke badan air. Limbah RPH yang berupa darah, urin, feses, isi rumen atau isi lambung, daging, lemak, dan air cucianya dapat bertindak sebagai media pertumbuhan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Proses pembusukannya di dalam air menimbulkan bau tidak sedap yang dapat mengakibatkan gangguan pada saluran pernapasan manusia yang ditandai dengan reaksi fisiologik tubuh seperti rasa mual dan kehilangan selera makan. Selain itu, penggunaan oksigen terlarut yang berlebihan oleh mikroba dapat berdampak pada kurangnya oksigen bagi biota air. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair RPH perlu dilakukan untuk meminimasi potensi pencemaran lingkungan.

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah salah satu alternatif pengolahan air limbah dan penghasil bioenergi listrik yang dapat terbarukan. Selain menurunkan potensi pencemaran, MFC dapat menghasilkan energi listrik yang dapat langsung digunakan. MFC merupakan teknologi yang ideal dalam pembentukan bioenergi listrik terbarukan karena sifat fleksibilitas mikroorganisme yang dapat mengkonversi berbagai macam sumber energi dari material organik yang dapat terdegradasi, baik yang berupa senyawa sederhana seperti protein, karbohidrat, dan senyawa kompleks yang terdapat dalam air limbah seperti lignoselulosa. Hasil proses biodegradasi senyawa organik dikonversi hingga menjadi energi listrik berupa elektron yang dilepaskan oleh mikroorganisme yang bergerak menuju elektroda (Pramono, Wardana et al. 2015).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis elektroda terhadap *Power density* dan kuat arus listrik yang dihasilkan oleh MFC, mengetahui pengaruh lama waktu inkubasi substrat terhadap *power density* dan kuat arus listrik yang dihasilkan sistem MFC, dan menurunkan kadar COD pada limbah cair Rumah Potong Hewan oleh MFC.

TINJAUAN PUSTAKA

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan sebuah sistem yang mengkonversi energi kimia yang terdapat pada substrat menjadi energi listrik secara langsung, *Microbial Fuel Cell* memanfaatkan peranan bakteri sebagai katalis.

Microbial Fuel Cell sama seperti *fuel cell* biasa yaitu tersusun dari katoda, anoda, dan larutan elektrolit. Anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi, sedangkan katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi. Pada *Microbial Fuel Cell* digunakan kultur mikroba dalam kompartemen anoda. Mikroba akan melakukan metabolisme dalam keadaan anaerob dengan menguraikan glukosa menjadi proton, elektron (e) dan karbon dioksida (CO₂) (Sinaga, Suyati et al., 2015). Proton mengalir ke katoda melalui jembatan garam, sedangkan elektron yang menempel di anoda kemudian mengalir melalui sirkuit eksternal menuju ke katoda. Pertemuan antara elektron dan proton inilah yang menyebabkan adanya perbedaan potensial antara kedua ujung elektroda (katoda dan anoda) sehingga menghasilkan daya listrik.

Kemampuan *Microbial Fuel Cell* dalam menghasilkan listrik bergantung pada reaksi elektrokimia yang terjadi antara penerima elektron akhir yang berpotensi tinggi (oksigen) dan substrat organik berpotensi rendah (glukosa). Glukosa sebagai molekul *biodegradable* akan terdegradasi seperti yang ditunjukkan pada reaksi berikut:



Listrik yang dihasilkan dalam sistem MFC bergantung pada perbedaan sifat kereaktifan dan nilai potensial standar dari masing-masing jenis elektroda yang digunakan. Karbon (C) dan aluminium (Al) merupakan jenis logam yang bersifat inert (tahan terhadap asam atau lambat bereaksi) terhadap oksidasi karena memiliki lapisan pelindung pada bagian permukaan yang mampu mencegah terjadinya oksidasi berkelanjutan (pasivasi). Aluminium adalah unsur dari golongan IIIA dengan nilai potensial standar -1,66. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam pada deret volta, menunjukkan bahwa logam tersebut semakin mudah melepas elektron dan termasuk reduktor yang kuat. Sifat kereaktifan elektroda pada sistem MFC ini menyediakan luasan yang lebih besar untuk kontak dengan bakteri dalam mentransfer

elektron ke elektroda, sehingga berpengaruh pada besar energi listrik yang dihasilkan (Ibrahim, Suptijah et al. 2017).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor MFC dari tabung plastik (\varnothing 11 cm, tinggi 16 cm), kabel dan penjepit buaya, labu erlenmeyer, *beaker glass*, spatula kaca, pipet ukur, *multimeter analog*, *aluminium foil*, dan timbangan analitik. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair RPH UPTD Krian (500 mL), KMnO_4 (15,8 gram), NaOH 1 M, HCl 1 M, karbon grafit berbentuk batang (\varnothing 0,8 cm, tinggi 5,8 cm), aluminium berbentuk batang (\varnothing 0,8 cm, tinggi 5,8 cm), KCl (11,099 gram), nutrisi agar (2,5 gram), pipa PVC 3/4" (panjang 8 cm), aquades (500 mL), dan glukosa (3 gram).

Prosedur Kerja

Prosedur penelitian yang dilakukan terdiri dari tahap persiapan, tahap penelitian pendahuluan, tahap penelitian utama, tahap penelitian akhir, dan pengolahan data.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan studi literatur mengenai materi terkait judul penelitian "Biokonversi Bahan Organik pada Limbah Cair Rumah Pematang Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan *Microbial Fuel Cell*".

Tahap Penelitian Pendahuluan

Tahap penelitian pendahuluan dilakukan dengan uji karakteristik limbah cair Rumah Pematang Hewan UPTD Krian dan diutamakan untuk mengetahui kadar COD limbah sebelum *running* MFC melalui pengujian awal di laboratorium. Metode yang digunakan

untuk pengujian awal COD adalah SNI 6989.2.2009 (refluks).

Tahap Penelitian Utama

1. Preparasi Glukosa

Membuat larutan glukosa dengan cara melarutkan 3 gram glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ke dalam *aquades* 500 mL. Larutan glukosa tersebut kemudian dicampurkan dengan 500 mL limbah cair Rumah Pematang Hewan, sehingga diperoleh volume total 1.000 mL.

2. Preparasi Substrat

Substrat yang dipreparasi dalam penelitian ini terdiri dari limbah cair Rumah Pematang Hewan yang telah ditambahkan larutan glukosa dengan perbandingan 1:1 sehingga diperoleh total volume 1.000 mL. Limbah cair tersebut diinkubasi pada inkubator dalam suhu 35 °C selama 1 hari, 5 hari, dan 10 hari.

3. Preparasi Elektroda

4 buah elektroda yang terbuat dari batang karbon grafit dengan luas permukaan 15,57 cm^2 direndam dalam larutan HCl 1 M selama 1 hari dan dibilas menggunakan *aquades*. Kemudian elektroda tersebut direndam kembali ke dalam larutan NaOH 1 M selama satu hari dan dibilas kembali menggunakan *aquades*. Elektroda direndam dalam *aquades* sampai saat akan digunakan.

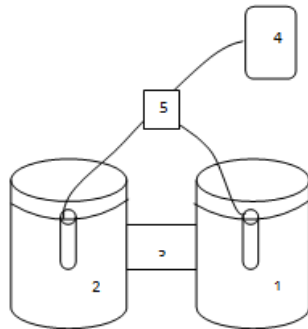
4. Preparasi Jembatan Garam

100 mL *aquades* mendidih ditambahkan 11,099 gram KCl dan 2,5 gram nutrisi agar, diaduk hingga homogen dan mengental lalu dimasukkan ke dalam pipa PVC berdiameter 3/4" dan panjang 8 cm.

5. Penelitian MFC

Perancangan reaktor *dual-chamber* MFC ini terbuat dari bahan plastik berbentuk tabung dengan diameter 11 cm dan tinggi 16 cm. Reaktor MFC terdiri dari kompartemen anoda yang berisi substrat limbah cair RPH yang telah ditambahkan glukosa dan *aquades* sehingga volume totalnya adalah 1.000 mL, sedangkan kompartemen katoda berisi 15,8 gram serbuk KMnO_4 0,1 M yang telah dilarutkan dalam 1.000 mL *aquades*. Kedua kompartemen ini dihubungkan oleh jembatan garam yang terbuat dari *nutrient* agar dan KCl yang telah dimasukkan ke dalam pipa PVC. Kompartemen anoda dikondisikan dalam keadaan anaerob. Pada kompartemen katoda, reaktor dilapisi dengan *aluminium foil* untuk mencegah terjadinya fotodekomposisi pada larutan KMnO_4 . Di dalam masing-masing kompartemen terdapat sebuah elektroda yang dijepit dengan penjepit buaya dan dihubungkan dengan kabel. Kabel dan penjepit buaya ini disambungkan dengan *multimeter analog* untuk mengukur kuat arus listrik dan mengetahui *power density* yang dihasilkan oleh MFC.

Penelitian akan dilakukan secara *batch* selama 96 jam penelitian dengan mengukur kuat arus dan *power density* setiap 8 jam sekali. Gambar perancangan alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar-1: Perancangan Reaktor *Dual-chamber* MFC

Keterangan:

1. Kompartemen Anoda
2. Kompartemen Katoda
3. Jembatan Garam
4. *Multimeter Analog*
5. Kabel dan Penjepit Buaya

Tahap Penelitian Akhir

Tahap penelitian akhir dilakukan untuk mengetahui kadar COD limbah cair Rumah Pemotongan Hewan UPTD Krian melalui pengujian akhir di laboratorium setelah *running* MFC selesai. Metode yang digunakan untuk pengujian akhir COD adalah SNI 6989.2.2009 *refluks*.

Tahap Pengolahan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kadar COD yang direduksi, kuat arus, dan *power density* yang dihasilkan pada saat penelitian berlangsung. Data-data yang diperoleh kemudian akan diolah menggunakan *software Microsoft Excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah

Limbah yang digunakan adalah limbah cair Rumah Pemotongan Hewan yang berasal dari Rumah Pemotongan Hewan UPTD Krian, Sidoarjo. Uji karakteristik air limbah ini dilakukan untuk mengetahui kandungan awal

pada air limbah RPH tersebut. Hasil uji karakteristik awal limbah cair Rumah Pemotongan Hewan UPTD Krian disajikan dalam tabel 1.

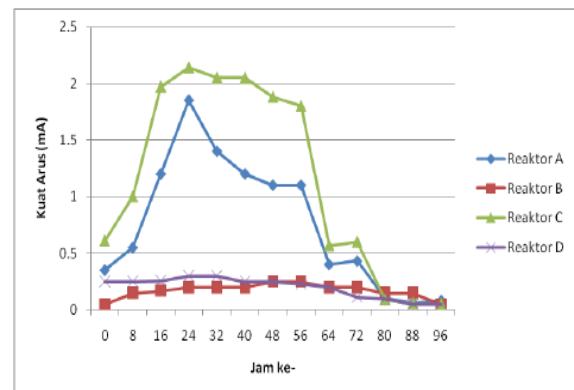
Tabel -1. Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair RPH Krian

Karakteristik Limbah	Nilai
BOD5	630 mg/L
COD	1.372 mg/L
TSS	310 mg/L
N Total	363 mg/L
pH	6,7

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan hasil uji karakteristik limbah, diperoleh nilai COD sebesar 1.372 mg/L. Nilai ini melebihi standard baku mutu limbah RPH menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 adalah sebesar 200 mg/L.

Pengaruh Lama Waktu Inkubasi Substrat Terhadap Kuat Arus Listrik yang Dihasilkan



Gambar -2: Grafik Pengaruh Lama Waktu Inkubasi Substrat Terhadap Kuat Arus Listrik yang Dihasilkan

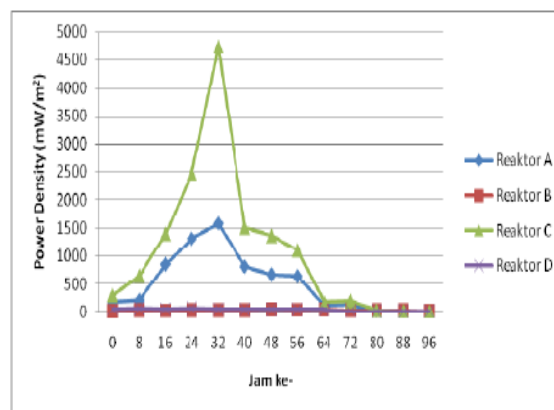
Pada gambar 2 dengan lama waktu inkubasi substrat 10 hari, dapat dilihat bahwa kuat arus maksimum dicapai pada jam ke-32, yaitu sebesar 2,14 mA oleh reaktor C yang menggunakan anoda berbahan karbon grafit dan katoda berbahan aluminium. Scott *et al.* (2007) menyatakan bahwa semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta menandakan bahwa logam semakin mudah melepas elektron dan merupakan reduktor yang kuat. Menurut penelitian Ibrahim, perlakuan yang paling optimal untuk memperoleh elektrisitas terbaik adalah menggunakan kombinasi elektroda

antara karbon grafit dan aluminium. Karbon grafit dan aluminium bersifat *inert* terhadap oksidasi karena adanya lapisan pelindung pada permukaannya yang dapat mencegah terjadinya pasivasi atau oksidasi berkelanjutan. Nilai potensial standar yang tinggi, juga menyebabkan karbon grafit tahan terhadap asam dan basa sehingga tidak mudah mengalami korosi (Ibrahim, Suptijah et al., 2017).

Pada reaktor A dengan elektroda karbon grafit, diperoleh kuat arus listrik sebesar 0,35 mA pada jam ke-0 dan mengalami peningkatan hingga jam ke-24 menjadi 1,85 mA. Reaktor B dengan anoda aluminium dan katoda karbon grafit memperoleh kuat arus pada jam ke-0 sebesar 0,05 mA dan mengalami peningkatan hingga jam ke-56 menjadi 0,25 mA. Kuat arus pada reaktor C dengan anoda karbon grafit dan katoda aluminium mengalami peningkatan hingga jam ke-32 sebesar 2,14 mA. Reaktor D mengalami peningkatan kuat arus hingga jam ke-32 menjadi 0,30 mA. Hal ini menunjukkan bahwa metabolisme mikroba meningkat tajam karena banyaknya senyawa organik yang dapat dikonsumsi oleh mikroba, sehingga energi listrik yang dihasilkan pun meningkat (Kristin, 2012).

Kuat arus listrik yang dihasilkan oleh reaktor A, B, C, dan D cenderung fluktuatif. Fluktuasi listrik yang dihasilkan ini dapat disebabkan oleh interaksi dan persaingan dari bakteri yang hidup di dalam substrat pertumbuhan. Sedangkan penurunan kuat arus yang terjadi seiring berjalannya waktu disebabkan oleh nutrisi di dalam substrat berkurang akibat berkurangnya aktivitas metabolisme bakteri. Hambatan internal anoda yang meningkat akibat tertutup oleh *biofilm* yang terus berkembang seiring berjalannya waktu juga dapat menurunkan produksi listrik oleh MFC (Ibrahim, Suptijah et al., 2017).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH) yang diinkubasi dalam waktu 10 hari menghasilkan kuat arus listrik lebih tinggi dibandingkan dengan waktu inkubasi 1 hari dan 5 hari. Hal ini disebabkan pada waktu inkubasi 10 hari, konsorsium mikroba atau *biofilm* yang terbentuk lebih stabil dalam mendegradasi senyawa organik daripada limbah RPH yang diinkubasi dalam waktu 1 hari dan 5 hari. *Biofilm* ini membantu proses degradasi substrat secara optimal (Kristin, 2012).



Gambar -3. Pengaruh Lama Waktu Inkubasi Substrat 10 Hari dan Jenis Elektroda terhadap *Power Density*

Pada gambar 2 dengan lama waktu inkubasi substrat 10 hari, dapat dilihat bahwa *power density* maksimum dihasilkan pada jam ke-32, yaitu sebesar 4738,55 mW/m² oleh reaktor C yang menggunakan anoda berbahan karbon grafit dan katoda berbahan aluminium.

Selain lama waktu inkubasi substrat, sifat kereaktifan dari masing-masing elektroda pada sistem MFC menyediakan luasan yang lebih besar untuk kontak bakteri dalam mentransfer elektron ke elektroda dan memberikan efek pada energi listrik yang dihasilkan. Elektroda grafit dalam kompartemen anoda berperan sebagai media lekat untuk membentuk *biofilm* pada permukaannya (Utami, Lazulva et al., 2017). Ibrahim (2017), menyatakan bahwa karbon grafit dan aluminium memiliki nilai elektrisitas yang lebih tinggi. Sehingga, kinerja kombinasi karbon grafit dan aluminium sebagai elektroda dinilai lebih optimal.

Pada reaktor A dengan elektroda karbon grafit, diperoleh *power density* sebesar 177,53 mW/m² pada jam ke-0 dan mengalami peningkatan hingga jam ke-32 menjadi 1573,09 mW/m². Reaktor B dengan anoda aluminium dan katoda karbon grafit memperoleh *power density* pada jam ke-0 sebesar 6,42 mW/m² dan mengalami peningkatan hingga jam ke-48 menjadi 35,31 mW/m². *Power density* pada reaktor C dengan anoda karbon grafit dan katoda aluminium mengalami peningkatan hingga jam ke-32 sebesar 4738,55 mW/m². Reaktor D mengalami peningkatan *power density* hingga jam ke-16 menjadi 58,43 mW/m². Hal ini menunjukkan bahwa metabolisme mikroba meningkat tajam karena banyaknya senyawa organik yang dapat dikonsumsi oleh mikroba, sehingga energi

listrik yang dihasilkan pun meningkat (Kristin, 2012)

Power density yang dihasilkan oleh reaktor A, B, C, dan D cenderung fluktuatif. Fluktuasi listrik yang dihasilkan ini dapat disebabkan oleh interaksi dan persaingan dari bakteri yang hidup di dalam substrat pertumbuhan. Pertumbuhan mikroorganisme membutuhkan substrat organik, namun terlalu banyak substrat dapat menyebabkan *biofilm* terlalu tebal sehingga hambatan internal bertambah dan produksi energi listrik menurun (Li, 2011).

Hambatan internal dapat mempengaruhi kinerja MFC. Hambatan internal tersebut juga bervariasi terhadap jenis larutan katoda yang digunakan. Kecepatan pengumpulan elektron pada kompartemen anoda dipengaruhi oleh penurunan kekuatan dari larutan elektrolit katoda. Penurunan kekuatan dari larutan elektrolit katoda mempengaruhi laju konsumsi elektron pada katoda (Ghangrekar, 2014).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, limbah RPH yang diinkubasi dalam waktu 10 hari menghasilkan *power density* lebih tinggi dibandingkan dengan waktu inkubasi 1 hari dan 5 hari. Hal ini disebabkan pada waktu inkubasi 10 hari, konsorsium mikroba atau *biofilm* yang terbentuk lebih stabil dalam mendegradasi senyawa organik daripada limbah RPH yang diinkubasi dalam waktu 1 hari dan 5 hari. *Biofilm* ini membantu proses degradasi substrat secara optimal, sehingga energi listrik yang dihasilkan akan semakin besar (Kristin, 2012).

Penurunan Kadar COD pada Limbah Cair RPH

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan pada proses oksidasi senyawa organik dalam air.

Sebelum dilakukan proses inkubasi substrat, kadar COD pada limbah cair RPH diuji terlebih dahulu. Diperoleh kadar COD sebelum diinkubasi yaitu sebesar 1.372 mg/l. Kemudian grafik kadar COD pada limbah cair RPH setelah melalui proses inkubasi dapat dilihat pada gambar 3.

Reaktor MFC dengan lama waktu inkubasi substrat 1 hari, 5 hari, dan 10 hari mengalami penurunan terhadap kadar COD air limbah. Pada reaktor dengan lama waktu inkubasi substrat 1

hari, diperoleh penurunan kadar COD awal 1.372 mg/l menjadi 588 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 57%. Reaktor dengan lama waktu inkubasi substrat 5 hari mampu menurunkan kadar COD awal 1.372 mg/l menjadi 470,4 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 66%. Sedangkan pada reaktor dengan lama waktu inkubasi substrat 10 hari, diperoleh penurunan kadar COD awal 1.372 mg/l menjadi 392 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 71%.

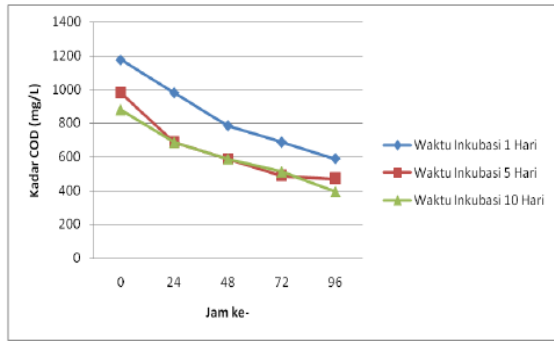
Penurunan kadar COD yang terjadi pada reaktor MFC disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik pada kompartemen anoda. Mikroorganisme ini akan membentuk *biofilm* pada permukaan elektroda. Proses yang terjadi saat pembentukan *biofilm* pada air limbah sama dengan yang terjadi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang ada pada *biofilm* akan mendegradasi bahan organik yang ada di dalam air limbah. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya COD akan terdifusi ke dalam lapisan atau *film* biologis yang melekat pada permukaan medium (elektroda). Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut dalam air limbah, COD tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan *biofilm* (Said, 2017).

Tabel -2. Hasil Perhitungan Analisis COD

Jam Ke-	Kadar COD		
	Inkubasi 1 Hari	Inkubasi 5 Hari	Inkubasi 10 Hari
0	1176 mg/l	980 mg/l	882 mg/l
24	980 mg/l	686 mg/l	686 mg/l
48	784 mg/l	588 mg/l	588 mg/l
72	686 mg/l	490 mg/l	509,6 mg/l
96	588 mg/l	470,4 mg/l	392 mg/l

(Sumber: Hasil Analisis)

Dalam sistem MFC ini, proses biokonversi memanfaatkan metabolisme dari mikroorganisme dan membutuhkan akseptor elektron untuk dapat menghasilkan energi listrik. Penurunan kadar COD menyebabkan produksi listrik menurun, karena bahan organik yang akan diproses dalam kompartemen anoda berkurang dan menyebabkan produksi listrik mengalami penurunan (Septyana, Samudro et al., 2014).



Gambar -4. Grafik Penurunan Kadar COD pada Limbah Cair RPH

Penurunan kadar COD disebabkan adanya kontak antara limbah dan mikroba. Apabila jumlah limbah semakin banyak, maka suplai oksigen dalam air limbah pun mengalami peningkatan. Meningkatnya jumlah oksigen tersebut seiring dengan meningkatnya jumlah mikroba, sehingga kadar *toxic* air limbah akan mengalami penurunan begitu pula dengan kadar COD nya. Larutan elektrolit pada kompartemen katoda yaitu KMnO_4 juga dapat mempengaruhi terjadinya penurunan kadar COD dalam air limbah karena KMnO_4 termasuk oksidator yang kuat.

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa kadar COD pada limbah cair RPH dalam reaktor MFC mengalami penurunan. Variasi lama waktu inkubasi substrat 10 hari mampu menurunkan kadar COD lebih optimal dibandingkan dengan lama waktu inkubasi substrat 1 hari dan 5 hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis elektroda dengan luas permukaan yang sama dapat mempengaruhi besar kuat arus listrik dan *power density* yang dihasilkan. Reaktor C dengan anoda yang terbuat dari bahan karbon grafit dan katoda yang terbuat dari bahan aluminium dapat menghasilkan kuat arus listrik maksimum sebesar 2,14 mA dan *power density* maksimum 4738,55 mW/m^2 .
2. Variasi lama waktu inkubasi substrat dapat mempengaruhi kuat arus listrik dan *power density* yang dihasilkan oleh MFC. Lama waktu inkubasi substrat yang paling optimal adalah 10 hari dengan besar kuat arus listrik yang dihasilkan yaitu 2,14 mA dan *power density* 4738,55 mW/m^2 . Hal ini

dikarenakan pada waktu inkubasi substrat 10 hari, konsorsium mikroba atau *biofilm* yang terbentuk lebih stabil dalam mendegradasi senyawa organik daripada limbah cair RPH yang diinkubasi dalam waktu 1 hari dan 5 hari.

3. Dalam sistem MFC ini, proses biokonversi memanfaatkan metabolisme dari mikroorganisme dan membutuhkan akseptor elektron untuk dapat menghasilkan energi listrik. Penurunan kadar COD menyebabkan produksi listrik menurun, karena bahan organik yang akan diproses dalam kompartemen anoda berkurang dan menyebabkan produksi listrik mengalami penurunan. Variasi lama waktu inkubasi substrat 10 hari mampu menurunkan kadar COD lebih optimal dengan efisiensi penyisihan sebesar 71% dibandingkan dengan lama waktu inkubasi substrat 1 hari dan 5 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.
- Akbar, T. N., et al., 2017. "Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik." *eProceedings of Engineering* 4(2).
- Ibrahim, B., et al., 2017. "Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik dengan Perbedaan Jenis Elektroda pada Limbah Cair Industri Perikanan." *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 20(2): 296-304.
- Kristin, E., 2012. "Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe (Skripsi)." *Universitas Indonesia. Jakarta*.
- Li, Z., Yao, L., Kong, L., & Liu, H., 2008. "Electricity Generation Using a Baffled Microbial Fuel Cell Convenient for
- Liu, H., et al. 2004. "Production of electricity during wastewater treatment using a single chamber microbial fuel cell." *Environmental science & technology* 38(7): 2281-2285.
- Logan, B.E., & Regan J. M. J. T. i. M., 2006. "Electricity-Producing Bacterial Communities in Microbial Fuel Cells." 14(12), 512-518.

- Pramono, K. J., et al., 2015. "Biokonversi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Pulp Dan Kertas Menggunakan Membrane-Less Microbial Fuel Cell (ML-MFC)." *Jurnal Selulosa* 5(01).
- Rahimnejad, M., et al. 2011. "Power generation from organic substrate in batch and continuous flow microbial fuel cell operations." *Applied Energy* 88(11): 3999-4004.
- Ramadan, B. S., et al., 2015. "Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Ragi Terhadap Kinerja Granular Activated Carbon Dual Chamber Microbial Fuel Cells (GAC-DMFCS)." *Jurnal Teknik Lingkungan* 4(1): 1-11.
- Rinaldi, W., et al., 2014. "Pengolahan Limbah Cair Organik dengan Microbial Fuel Cell." *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 10(2).
- Roihatin, A. and A. Kartika Rizqi, 2009. "Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu."
- Said, Nusa Idaman. 2017. *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Scott, K., et al., 2007. "Application of modified carbon anodes in microbial fuel cells." *Process Safety and Environmental Protection* 85(5): 481-488.
- Septyana, I., et al., 2014. "Pengaruh Variasi Debit dan Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan COD dan Produksi Listrik dalam Reaktor Microbial Fuel Cells (MFCs) Studi Kasus: Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga." *Jurnal Teknik Lingkungan* 3(2): 1-9.
- Sinaga, D. H., et al., 2015. "Studi Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu sebagai Substrat dan Efek Luas Permukaan Elektroda dalam Sistem Microbial Fuel Cell." *Jurnal Sains dan Matematika* 22(2): 30-35.
- Siswanti, A. C., 2016. "Pengaruh Variasi Optical Density Bakteri *Bacillus subtilis* Terhadap Efisiensi Listrik Microbial Fuel Cell." *UNESA Journal of Chemistry* 5(3).
- Stacking." *Bioresource Technology Journal*, 99(6): 1650-1655
- Utami, L., et al., 2018. "Produksi Energi Listrik dari Limbah Kulit Pepaya (*Carica papaya*) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells." *Al-Kimia* 6(1): 56-62.
- Yogaswara, R. R., et al., 2017. "Studi Penambahan Mikroorganisme Pada Substrat Limbah Pome Terhadap Kinerja Microbial Fuel Cell." *Teknik Kimia* 12(1).
- Zhang, Y. and I. Angelidaki., 2012. "Energy recovery from waste streams with microbial fuel cell (MFC)-based technologies."