

PENGARUH JARAK ELEKTRODA *MICROBIAL FUEL CELL* PADA LIMBAH CAIR PEMINDANGAN IKAN TERHADAP ELEKTRISITAS DAN BEBAN PENCEMARAN

Bustami Ibrahim*, Pipih Suptijah, Bagus Sukma Agung

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat Telepon (0251)
8622909-8622906, Faks. (0251) 8622915

*Korespondensi: bustamibr@yahoo.com

Diterima: 7 Februari 2017/ Disetujui: 27 November 2017

Cara sitasi: Ibrahim B, Suptijah P, Agung BS. 2017. Pengaruh jarak elektroda *microbial fuel cell* pada limbah cair pemindangan ikan terhadap elektrisitas dan beban pencemaran. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(3): 559-567.

Abstrak

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan suatu teknologi yang dapat menghasilkan tenaga listrik dengan memanfaatkan aktivitas bakteri eksoelektrogenik. Teknologi ini dapat memanfaatkan limbah cair industri pengolahan perikanan sebagai media pertumbuhan bakteri sehingga sekaligus dapat menurunkan polusi dalam limbah cair tersebut yang mengandung senyawa organik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pengaruh jarak elektroda terhadap elektrisitas dan parameter kualitas air limbah dalam limbah cair industri perikanan dengan menggunakan teknologi MFC. Sistem MFC yang digunakan yaitu sistem MFC satu bejana. Jarak elektroda yang digunakan yaitu jarak 2 cm, 4 cm dan 6 cm dengan elektroda yang terbuat dari stainless wire mesh yang dilapisi campuran kitosan dan karbon aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak elektroda berpengaruh terhadap elektrisitas MFC pada media limbah cair pemindangan. Nilai rerata arus listrik selama 48 jam pengamatan pada jarak elektroda 2 cm, 4 cm dan 6 cm berturut-turut adalah $0,17\pm 0,062$ mA, $0,46\pm 0,166$ mA dan $0,44\pm 0,156$ mA. Nilai rata-rata tegangan listrik pada jarak 2 cm, 4 cm, dan 6 cm berturut-turut adalah $0,117\pm 0,027$ V, $0,337\pm 0,069$ V, dan $0,367\pm 0,080$ V. Teknologi sistem MFC mampu menurunkan rata-rata BOD (20,5%), COD (30,41%) dan TAN (21,2%) pada limbah cair pengolahan ikan pindang.

Kata kunci: elektroda, limbah cair pemindangan, *microbial fuel cell*

Electrode Distances Effects Of Microbial Fuel Cell System On Salted Boiled Fish Processing Wastewater To Electricity And Pollution Load

Abstract

Microbial fuel cell (MFC) is a technology produce electricity by helping exoelectrogenic bacteria. The technology can also utilize fishery processing wastewater as a media for bacteria to live, so it reduces organic pollution load in the wastewater. The purpose of this research was to identify the effect of electrodes distance to electricity and water quality parameters of fisheries processing wastewater using MFC technology. The MFC system used was single chamber system. The distance between electrodes applied were 2 cm, 4 cm and 6 cm and the electrodes were made of stainless wire mesh coated with chitosan and active carbon. The results showed that electrodes distance affected to MFC electricity within salted boiled fish wastewater media. The average value of electric current during 48 hours observation on the distance of 2 cm, 4 cm and 6 cm were 0.17 ± 0.06 mA, 0.46 ± 0.17 mA and 0.44 ± 0.16 mA, respectively. Average values of electric voltage on the distance of 2 cm, 4 cm and 6 cm were 0.12 ± 0.03 V, 0.34 ± 0.07 V and 0.37 ± 0.08 V, respectively. The research also showed that MFC system can decrease average value of BOD 20.5%, COD 30.41%, and TAN 21.2 % of salted boiled fish wastewater media.

Keywords: electrodes, *microbial fuel cell*, salted boiled fish wastewater

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi di dunia semakin menipis, ketidakseimbangan jumlah dengan tingkat permintaan terhadap energi mengakibatkan harga energi semakin meningkat. Krisis energi ini memicu pengembangan sumber energi alternatif baru dan terbarukan (*renewable*) untuk mensubstitusi penggunaan energi fosil yang selama ini menjadi sumber energi utama bagi masyarakat. Pengolahan air limbah pada umumnya mengkonsumsi energi sebesar 0,6 kWh untuk setiap m³ air limbah domestik, atau menghabiskan energi kira-kira sebesar 1 kWh untuk menyisihkan setiap kg COD. Setengah dari energi tersebut digunakan untuk menjalankan proses aerasi (Logan 2010). Salah satu teknologi yang dapat menjanjikan dalam usaha menurunkan konsumsi energi pada pengolahan limbah cair yaitu teknologi *microbial fuel cell* (MFC). Teknologi ini memanfaatkan kemampuan mikroba dalam mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam limbah cair menjadi energi listrik.

Limbah cair perikanan mengandung banyak muatan ion positif dan negatif yang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik. Limbah cair perikanan mengandung bahan organik tinggi yang ditandai dengan tingginya *biological oxygen demand* (BOD), *total suspended solids* (TSS), dan total kjeldahl nitrogen (Ibrahim *et al.* 2009^a). Jumlah limbah cair yang dihasilkan dari industri perikanan sangat tinggi, yaitu sekitar 20 ton setiap ton produk yang dihasilkan. Jika limbah cair ini dibuang ke lingkungan akan menimbulkan bau, eutrofikasi perairan dan pendangkalan (Ibrahim *et al.* 2009^b), sehingga apabila teknologi MFC dipadukan kedalam sistem pengolahan limbah cair, selain akan menurunkan beban polusi dalam limbah juga sekaligus menghasilkan energi listrik yang berkelanjutan (*sustainable*).

Microbial fuel cell (MFC) merupakan suatu teknologi yang menggunakan bakteri eksoelektrogenik sebagai katalis untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik (Logan 2008). Bakteri pada MFC mampu mengkonversi energi kimia di dalam

substrat menjadi energi listrik. Bakteri yang mampu digunakan dalam MFC antara lain *Geobacter* sp., *E. Coli*, dan *Pseudomonas* sp. Bakteri memiliki kemampuan dalam mentransfer elektron dari hasil metabolisme bahan organik ke elektroda. Produksi listrik dari MFC dapat diperoleh dari berbagai macam substrat seperti limbah rumah tangga dan limbah industri (Liu *et al.* 2004). Limbah cair industri perikanan dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam MFC. MFC terbukti mampu menurunkan beban limbah cair perikanan dan menghasilkan energi listrik (Ibrahim *et al.* 2014^a).

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan produksi listrik pada MFC kurang maksimal adalah kehilangan aktivasi, konsentrasi, dan aktivitas ohmic (Moon *et al.* 2015). Penelitian MFC di masa depan berfokus untuk mengatasi faktor penghambat tersebut, salah satu faktor yang dapat meningkatkan performa MFC adalah perubahan jarak antar elektroda dengan konfigurasi yang lebih maju. Oleh karena itu, perlu dilihat pengaruh jarak antar elektroda. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh jarak elektroda terhadap elektrisitas dan kinerja pengolahan limbah cair industri perikanan dengan menggunakan teknologi MFC.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Limbah cair yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah rebusan ikan pindang yang diperoleh dari CV. Cindy Group, Kecamatan Parung, Kabupaten Bogor. Bahan-bahan yang digunakan antara lain asam asetat 1% (Chang Chun Petrochemical), kitosan 4% DD>80% (Laboratorium Teknologi Hasil Perairan, Institut Pertanian Bogor), karbon aktif, akuades, K₂Cr₂O₇ 0,025 N, MnSO₄, indikator ferroin, chlorox, HCl, NH₄Cl 0,3 ppm (Merck), H₂SO₄ pekat, kertas saring Whatman no. 42, *phenate*, dan *ferrous ammonium sulfat*. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah MFC satu bejana, spektrofotometer (OPTIMA SP-300), timbangan digital (Tanita KD 160), pipet volumetrik, multimeter analog (sanwa, YX360TRF), DO meter (Lutron DO5510), alat titrasi, botol khusus BOD, erlenmeyer 125 mL, dan gelas kimia 100 mL.

Metode Penelitian

Analisis limbah cair perikanan

Limbah cair perikanan yang digunakan yaitu limbah rebusan pengolahan ikan pindang. Limbah cair dianalisis parameter pencemarannya antara lain chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), dan total amonia nitrogen (TAN) pada awal dan akhir pengujian mengacu pada APHA (1999).

Pembuatan *Microbial Fuel Cell* satu bejana

Sistem MFC yang digunakan merupakan MFC satu bejana tanpa membran dan separator mengacu pada penelitian Liu dan Logan (2004). Bejana berbentuk kubus yang terbuat dari kaca berukuran 8x8x8 cm. Elektroda dibuat dengan menggunakan *stainless wire mesh* diameter 50x50 mm berukuran 7x7 cm mengacu Zhang *et al.* (2009^a) dengan modifikasi. *Stainless wire mesh* kemudian dilapisi karbon aktif mengacu Zhang *et al.* (2009^a). Karbon aktif terlebih dahulu dicampurkan dengan kitosan 4%. Penggunaan kitosan yaitu sebagai bahan pengikat (binder). Kitosan 4% dibuat dengan melarutkan kitosan sebanyak 4 g ke dalam 100 mL asam asetat 1%. Perlakuan yang diberikan adalah perbedaan jarak antar elektroda yaitu 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Desain MFC dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengukuran elektrisitas

Pengukuran elektrisitas dilakukan menggunakan multimeter setiap 1 jam selama 48 jam. Masing-masing elektroda dihubungkan dengan kabel lalu bejana ditutup rapat. Kedua kabel dihubungkan

oleh multimeter. Multimeter diatur untuk pengukuran tegangan listrik dan arus listrik pada skala terkecil terlebih dahulu kemudian nilai yang tertera pada layar multimeter diamati pada selang waktu tertentu (Suyanto *et al.* 2010). Setiap analisis dilakukan 3 kali ulangan.

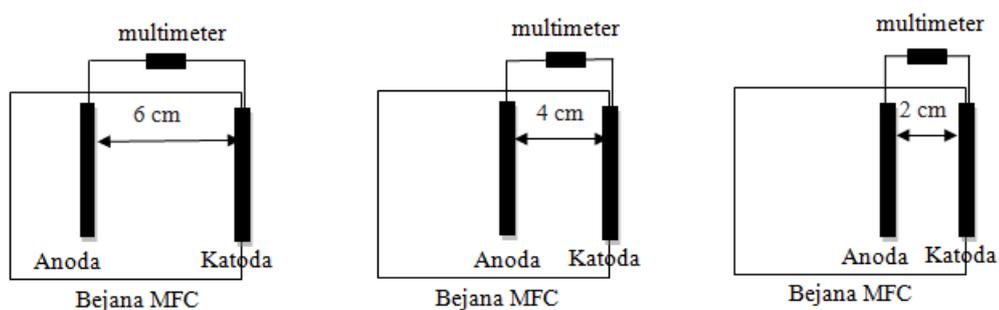
HASIL DAN PEMBAHASAN

Elektrisitas Sistem MFC Limbah Rebusan Ikan Pindang

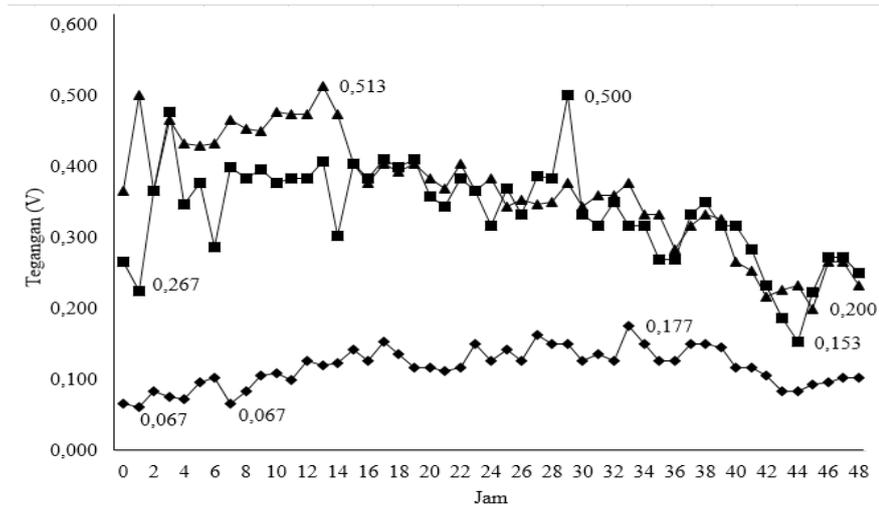
Nilai elektrisitas yang diukur dari besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC pada masing-masing jarak elektroda dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Gambar 2 menunjukkan nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC pada setiap jarak elektroda yang berbeda selama 48 jam mengalami fluktuasi selama pengamatan. Peningkatan tegangan tertinggi terdapat pada jarak elektroda 6 cm diikuti jarak 4 cm dan 2 cm. Tegangan pada semua jarak mengalami kenaikan maksimum sampai waktu tertentu dan kemudian mengalami penurunan sampai akhir pengamatan. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC sangat dipengaruhi oleh hambatan internal (Zhang *et al.* 2014). Peningkatan jarak elektroda pada sistem MFC merupakan peningkatan hambatan internal selain dengan mengubah konduktivitas cairan, viskositas cairan dan konfigurasi reaktor.

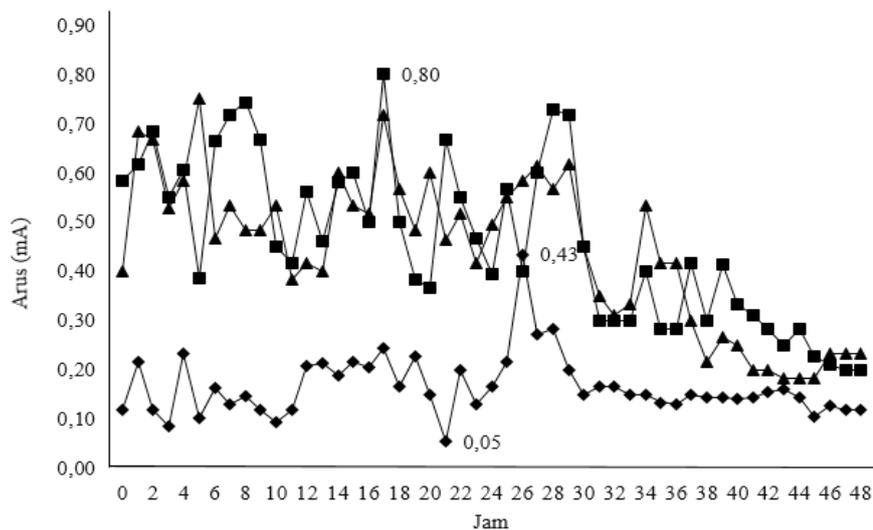
Gambar 3 menunjukkan nilai arus listrik pada setiap perlakuan jarak selama 48 jam mengalami fluktuasi selama pengamatan. Peningkatan arus tertinggi terdapat pada jarak 4 cm diikuti jarak 6 cm dan 2 cm. Arus listrik pada semua jarak mengalami



Gambar 1 Desain MFC satu bejana dengan perbedaan jarak elektroda



Gambar 2 Nilai tegangan listrik pada jarak elektroda yang berbeda; ◆ : jarak 2 cm, ■ : jarak 4 cm, ▲ : jarak 6 cm.



Gambar 3 Nilai arus listrik pada jarak elektroda yang berbeda; ◆ : jarak 2 cm, ■ : jarak 4 cm, ▲ : jarak 6 cm.

kenaikan maksimum sampai waktu tertentu dan kemudian mengalami penurunan sampai akhir pengamatan.

Nilai arus dan tegangan cenderung fluktuatif dapat diduga karena interaksi dan kompetisi yang terjadi pada mikroorganisme di dalam limbah cair. Menurut Logan (2008) menyebutkan bahwa perubahan nilai elektrisitas berkaitan dengan elektron yang dapat berikatan dengan TEA (*Terminal Electron Acceptor*) di antaranya oksigen, nitrat, nitrit dan sulfat yang berdifusi melalui sel kemudian elektron tersebut ditangkap oleh anoda dan proton ditangkap katoda

yang dapat menyebabkan beda potensial yang menghasilkan biolistrik. Peningkatan nilai elektrisitas yang terukur diduga terjadi saat mikroorganisme sedang melakukan pemecahan substrat sederhana di dalam limbah. Penurunan nilai elektrisitas dapat diduga disebabkan ketika mikroorganisme sedang beradaptasi untuk memecah substrat yang lebih kompleks menjadi sederhana. Suyanto *et al.* (2010) menyatakan bahwa suatu mikroorganisme dapat menjadi substrat bagi mikroorganisme lain yang menyebabkan elektron bebas dan ion H⁺ tidak dihasilkan secara maksimal sehingga elektron yang

Tabel 1 Hasil pengukuran elektrisitas MFC

Elektrisitas		Perlakuan		
		Jarak 2 cm	Jarak 4 cm	Jarak 6 cm
Tegangan	Tertinggi	0,18 V	0,50 V	0,51 V
	Terendah	0,06 V	0,15 V	0,20 V
	Rata-rata	0,12±0,03 V	0,33±0,07 V	0,37±0,08 V
Arus	Tertinggi	0,43 mA	0,80 mA	0,75 mA
	Terendah	0,05 mA	0,20 mA	0,18 mA
	Rata-rata	0,17±0,06 mA	0,46±0,17 mA	0,44±0,16 mA

mengalir ke katoda menjadi berkurang dan listrik menjadi berfluktuasi. Hasil nilai rata-rata tegangan dan arus listrik dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai tegangan yang terbesar terdapat pada jarak 6 cm yaitu rata-rata 0,37±0,08 V. Sedangkan nilai arus terbesar terdapat pada jarak 4 cm dengan nilai rata-rata 0,46±0,17 mA. Nilai tegangan ini lebih tinggi dari penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Ibrahim *et al.* (2014a) yang memperoleh nilai tegangan sebesar 0,20–0,21 V selama 120 jam pengamatan. Pada penelitian Ibrahim *et al.* (2013) dengan menggunakan sistem MFC satu bejana menghasilkan nilai tegangan tertinggi 0,15 V selama 120 jam pengamatan. Ibrahim *et al.* (2017) menghasilkan nilai tegangan sebesar 0,34 V dengan menggunakan paduan elektroda aluminium dan karbon grafit. Namun, tegangan yang dihasilkan dari penelitian ini masih lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Ibrahim *et al.* (2014b) yang memperoleh tegangan tertinggi sebesar 0,53 V dengan perlakuan empat pasang elektroda dalam satu bejana yang dirangkai seri. Perbedaan penggunaan jumlah bejana dan tipe rangkaian berpengaruh terhadap jumlah produksi listrik yang dihasilkan.

Jarak yang semakin tinggi menghasilkan tegangan dan arus yang semakin tinggi pula (pada Tabel 1). Logan *et al.* (2015) melaporkan bahwa jarak anoda yang terlalu dekat dengan katoda dapat menurunkan tenaga listrik yang dihasilkan, oksigen yang mengalir melalui katoda menyebabkan bakteri eksoelektrogen yang bersifat anaerobik atau anoksik pada anoda menghambat produksi arus listrik

dengan adanya oksigen terlarut. Logan (2008) menyebutkan bahwa jarak 2 cm merupakan jarak yang dapat menghasilkan produksi listrik yang lebih tinggi. Penelitian Liu *et al.* (2005) menunjukkan produksi listrik dari MFC satu bejana ketika jarak elektroda diubah dari 4 menjadi 2 cm dapat meningkat dari 720 ke 1210 mWm⁻². Penelitian ini menghasilkan elektrisitas tertinggi pada jarak 4 cm. Perbedaan dengan literatur diduga karena pada jarak 2 cm lebih banyak oksigen terlarut dimanfaatkan pada proses pengolahan limbah terutama pada penurunan kadar COD limbah rebusan ikan pindang. Jarak yang terlalu dekat menyebabkan oksigen yang dihasilkan melalui katoda dapat menghambat bakteri pada anoda dalam menghasilkan arus listrik (Logan *et al.* 2015).

Penelitian Hays *et al.* (2011) menunjukkan bahwa peningkatan energi listrik dapat dihasilkan meskipun dengan jarak elektroda yang sangat dekat, yaitu dengan menggunakan larutan yang sangat tinggi konsentrasinya seperti asetat. Penelitian MFC pada jarak elektroda yang dekat menunjukkan performa yang kurang stabil dengan larutan yang cair seperti limbah rumah tangga. Konsentrasi substrat yang tinggi membuat bakteri semakin cepat menghilangkan oksigen dan mengurangi massa transfer oksigen ke anoda atau beberapa exoelektrogenik berkembang kemampuannya untuk menghasilkan arus listrik (Logan *et al.* 2015). Penurunan jarak elektroda menurunkan resistansi internal air-katoda MFC yang diuji pada penelitian Cheng *et al.* (2006^a), yang dalam kondisi tersebut dapat meningkatkan energi.

Microbial fuel cells satu bejana memiliki

keuntungan yaitu desain sederhana, dapat meningkatkan energi listrik, dan kemampuan untuk menggunakan udara pasif dalam penurunan oksigen dibandingkan dengan desain dua bejana (Logan 2008). *Microbial fuel cells* satu bejana katoda menghadap udara digunakan untuk memproduksi energi yang tinggi dengan memanfaatkan oksigen yang ada diudara tanpa membutuhkan aerasi dari limbah cair (Zhang *et al.* 2014). Katoda dari bahan karbon aktif terbukti dapat memproduksi energi listrik sama atau lebih besar daripada katoda yang terbuat dengan katalis Platinum (Zhang *et al.* 2009a). Performa dari karbon aktif lebih tahan lama dibandingkan Platinum, dan produksi listrik hampir mendekati katoda jenis baru yang menggunakan perlakuan asam (Zhang *et al.* 2015). Karbon aktif secara khas terbentuk dari material karbon yang mempunyai aktivitas katalitik yang baik, namun konduktivitas listrik yang dihasilkan masih rendah jika dibandingkan dengan karbon berbentuk kain/lembaran. Karbon aktif pada umumnya dipasangkan dengan stainless steel mesh (Zhang *et al.* 2014). Penggunaan stainless steel mesh berfungsi dalam pengumpul arus dalam MFC. Selain itu memiliki densitas yang tinggi dan harga yang ekonomis (Zhang *et al.* 2009^b).

Penggunaan kitosan dalam pembuatan elektroda mampu meningkatkan transport ionik. Keunggulan kitosan selain biaya yang murah dan ramah lingkungan juga mempunyai performa yang lebih baik dibanding Nafion. Selain itu, penggunaan jumlah kitosan sebagai bahan pengikat yang digunakan lebih sedikit dibanding Nafion. Kitosan juga digunakan untuk meningkatkan sifat katalis partikel (Ma *et al.* 2011).

Parameter Pencemar Limbah Rebusan Ikan Pindang pada Sistem MFC

Parameter karakteristik limbah cair yang dianalisis antara lain COD, BOD, dan TAN dari limbah rebusan ikan pindang pada saat awal dan akhir proses dapat dilihat pada Tabel 2.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Perlakuan jarak 2 cm, 4 cm, dan 6 cm berturut-turut mengalami penurunan kadar COD 30,41%, 21,5%, dan 12,2%. Proses penurunan COD limbah cair yang lambat diduga karena bahan organik dan anorganik belum seluruhnya mampu didegradasi dengan baik oleh mikroorganisme. Penelitian sebelumnya yaitu Ibrahim *et al.* (2014^b) dapat menurunkan COD limbah cair sebesar 49,90% dari 768 mg/L menjadi 384,77±185,63 mg/L, sedangkan Ibrahim *et al.* (2017) mampu menurunkan kadar COD menjadi 59,34%. Kedua penelitian tersebut mampu menghasilkan persentase penurunan kadar COD yang lebih baik karena menggunakan penambahan lumpur aktif ke dalam sistem MFC. Ibrahim *et al.* (2014^b) menyatakan bahwa penambahan lumpur aktif akan meningkatkan jumlah mikroorganisme didalam limbah sehingga proses degradasi kadar organik limbah menjadi lebih cepat. Nilai penurunan COD yang diperoleh masih berada diatas baku mutu limbah pengalengan yaitu 150 mg/L (Kementerian Lingkungan Hidup 2014). Jumlah hari pengamatan dalam sistem MFC juga berpengaruh pada kadar organik COD didalam limbah. Pohan (2008) menyatakan bahwa reduksi COD setelah tiga hari akan mengalami penurunan yang disebabkan oleh peningkatan jumlah mikroba

Tabel 2 Hasil analisis limbah rebusan ikan pindang

Limbah	Awal (mg/L)	Akhir (mg/L)			Baku mutu limbah cair perikanan (mg/L)*
		2 cm	4 cm	6 cm	
COD	1034,67± 74,28	720,00±102,03	812,00±319,95	908,27±41,89	150
BOD	78,67±4,11	70,00±6,96	64,50±13,80	62,50±11,89	75
TAN	0,25±0,03	0,23±0,03	0,19±0,06	0,23±0,01	5

Keterangan: *Kementerian Lingkungan Hidup (2014)

yang menghambat kontak antara mikroba dengan limbah cair sehingga nilai penurunan COD relatif konstan.

Biological Oxygen Demand (BOD)

Penurunan kadar limbah terbesar terjadi pada perlakuan jarak 6 cm sebesar 20,50% menjadi 62,50 mg/L. Sedangkan pada jarak 2 cm dan 4 cm secara berturut-turut mengalami penurunan sebesar 11% dan 18% menjadi 70 mg/L dan 64,50 mg/L. Penelitian Ibrahim *et al.* (2014^b) menggunakan MFC terhadap limbah cair perikanan mampu menurunkan kadar BOD 55,91%. Sedangkan penelitian Ibrahim *et al.* (2017) mampu menurunkan kadar BOD sebesar 30,11%. Nilai penurunan BOD yang diperoleh sudah berada dibawah baku mutu BOD limbah pengalengan ikan sebesar 75 mg/L (Kementerian Lingkungan Hidup 2014). Lama pengamatan yang dilakukan selama 2 hari atau 48 jam memberikan pengaruh belum terurainya bahan organik secara sempurna. Oksidasi karbon organik akan mencapai penurunan sebesar 60-70% dalam waktu 5 hari dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95% (Siregar 2005).

Total Amonia Nitrogen (TAN)

Nilai TAN pada limbah cair mengalami penurunan setelah melalui proses pengolahan limbah yang dipadukan dengan sistem MFC. Nilai TAN limbah cair pada awal proses yaitu sebesar $0,25 \pm 0,04$ mg/L, mengalami penurunan menjadi $0,23 \pm 0,04$ mg/L, $0,19 \pm 0,07$ mg/L dan $0,23 \pm 0,01$ mg/L dengan jarak elektroda berturut-turut 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Penurunan terbesar terjadi pada perlakuan jarak elektroda 4 cm sebesar 21,2%. Perlakuan jarak elektroda 2 cm dan 6 cm dengan penurunan nilai TAN berturut-turut menurun sebesar 8,67% dan 7,67%. Penurunan nilai TAN menurut Ibrahim *et al.* (2014^b) sebesar 12,45% selama 6 hari, sedangkan penelitian Ibrahim *et al.* (2017) mampu menurunkan kadar TAN lebih tinggi yaitu sebesar 43,37%. Jumlah oksigen yang tidak konstan menyebabkan penurunan kadar TAN tidak berjalan sempurna karena proses nitrifikasi menjadi terhambat (Ibrahim *et al.* 2014b). Nilai penurunan TAN yang diperoleh sudah berada dibawah baku mutu

limbah pengalengan ikan sebesar 5 mg/L (Kementerian Lingkungan Hidup 2014).

Hubungan Parameter Pencemaran Limbah Cair Pemindangan dengan Elektrisitas

Nilai tegangan dan arus listrik yang dihasilkan memiliki hubungan terhadap kadar limbah yang dihasilkan. Nilai COD memiliki hubungan terhadap nilai tegangan dan arus setiap perlakuan jarak. Semakin tinggi nilai COD maka nilai tegangan dan arus listrik yang dihasilkan akan semakin tinggi. Nilai elektrisitas yang dihasilkan rendah searah dengan penurunan COD semakin rendah. Hal ini sesuai penelitian Zhang *et al.* (2015) yang menyebutkan bahwa seiring waktu berjalan kandungan COD akan semakin sedikit, begitu pula listrik yang dihasilkan akan semakin rendah. Maharaj dan Parneet (2015) juga menyebutkan bahwa ada korelasi linier antara nilai material organik dengan energi listrik yang dihasilkan yang disebabkan oleh bakteri yang menempel pada permukaan anoda beraktivitas mendegradasi material organik dalam kondisi anaerobik. Proses tersebut menyebabkan terbentuknya reaksi degradasi karbon dioksida, proton, dan elektron dalam limbah.

KESIMPULAN

Limbah rebusan ikan pindang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik melalui teknologi *microbial fuel cell* (MFC). Sistem MFC dengan perlakuan jarak elektroda memberikan pengaruh terhadap produksi listrik yang dihasilkan. Nilai rata-rata tertinggi tegangan listrik diperoleh pada jarak 6 cm. Nilai rata-rata tertinggi arus listrik diperoleh pada jarak 4 cm. Pengolahan limbah cair pemindangan ikan yang dipadukan sistem MFC masih dapat menurunkan nilai-nilai COD, BOD, dan TAN limbah rebusan ikan pindang. Akan tetapi semakin tinggi energi listrik yang dihasilkan dapat mengurangi penurunan kadar COD.

DAFTAR PUSTAKA

[APHA] American Public Health Association. 1999. Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater

- 20th Edition. Washington DC(USA): American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. Air dan Limbah - Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical oxygen demand/BOD). SNI 6989.72. 2009. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional
- Cheng S, Liu H, Logan BE. 2006a. Increased performance of single-chamber microbial fuel cells using an improved cathode structure. *Electrochemistry Communications*. 8:489-494
- Cheng S, Liu H, Logan BE. 2006b. Increased power generation in a continuous flow MFC with advective flow through the porous anode and reduced electrode spacing. *Environmental Science Technology*. 40:2426-2432.
- Hays S, Zhang F, Logan BE. 2011. Performance of two different types of anodes in membrane electrode assembly microbial fuel cells for power generation from domestic wastewater. *Journal of Power Sources*. 196:8293-8300.
- Ibrahim B, Erungan AC, Heriyanto. 2009^a. Nilai parameter biokinetika proses denitrifikasi limbah cair industri perikanan pada rasio COD/TKN yang berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 12(1): 31-45
- Ibrahim B, Suptijah P, Prantommy. 2009^b. Pemanfaatan kitosan pada pengolahan limbah cair industri perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 12(2): 154-166.
- Ibrahim B, Salamah E, Alwinskyah R. 2014a. Pembangkit biolistrik dari limbah cair industri perikanan menggunakan *microbial fuel cell* dengan jumlah elektroda yang berbeda. *Dinamika Maritim*. 4(1): 1-9.
- Ibrahim B, Suptijah P, Adjani ZN. 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.
- Ibrahim B, Suptijah P, Rosmalawati S. 2014b. Kinerja rangkaian seri pada sistem *microbial fuel cell* sebagai penghasil biolistrik dari limbah cair perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(1): 71-79.
- Ibrahim B, Trilaksana W, Apriyani D. 2013. Potensi biolistrik dari limbah cair industri perikanan dengan *microbial fuel cell* satu bejana. *Dinamika Maritim*. 3(2): 45-55.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Liu H, Cheng SA, Logan BE. 2005. Power generation in fedbatch microbial fuel cells as a function of ionic strength, temperature and reactor configuration. *Environmental Science and Technology*. 39: 5488-5493.
- Liu H, Logan BE. 2004. Electricity generation using an air-cathode single chamber microbial fuel cell in the presence and absence of a proton exchange membrane. *Environmental Science and Technology*. 38(4): 4040-4046.
- Logan BE. 2008. *Microbial fuel cells*. Wiley (USA): Hoboken.
- Logan BE. 2010. Scaling up microbial fuel cells and other bioelectrochemical systems. *Appl Microbiol Biotechnol*. 85:1665-1671.
- Logan BE, Wallack MJ, Kim KY, He W, Feng Y, Saikaly PE. 2015. Assessment of Microbial fuel cell Configurations and Power Densities. *Environmental Science Technology Lett*. 2: 206-214.
- Maharaj KT, Parneet P. 2015. Performance of pilot-scale microbial fuel cells treating wastewater with associated bioenergy production in the Caribbean context. *International Journal Energy Environmental Engineering*. 6: 213-220.
- Ma J, Nurul AC, Yogeshwar S, Rudolph GB. 2011. A high performance direct borohydride fuel cell employing cross-linked chitosan membrane. *Journal of Power Sources*. 196: 8257-8264.
- Moon JM, Kondaveeti S, HoLee T, ChaeSong Y, Min B. 2015. Minimum interspatial electrode spacing to optimize air-

- cathode microbial fuel cell operation with a membrane electrode assembly. *Bioelectrochemistry*. 106 B: 263-267.
- Pohan N. 2008. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan proses biofilter aerobik [Tesis]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Siregar SA. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Suyanto E, Mayangsari A, Wahyuni A, Zuhro F, Isa SMSH, Sutariningsih ES, Retnaningrum E. 2010. Pemanfaatan Limbah Cair Domestik IPAL Kricak sebagai Substrat Generator Elektrisitas Melalui Teknologi *Microbial fuel cell* Ramah Lingkungan. Seminar Nasional Biologi UGM, Yogyakarta 24- 25 September: 230-242.
- Zhang F, Ahn Y, Logan BE. 2014. Treating refinery wastewaters in microbial fuel cells using separator electrode assembly or spaced electrode configurations. *Bioresource Technology*. 152:46-52.
- Zhang F, Cheng S, Pant D, Bogaert GV, Logan BE. 2009a. Power generation using an activated carbon and metal mesh cathode in a microbial fuel cell. *Electrochemistry Communications*. 11: 2177–2179.
- Zhang X, Cheng S, Wang X, Huang X, Logan BE. 2009b. Separator characteristics for increasing performance of microbial fuel cells. *Environmental Science Technology*. 43: 8456–8461.
- Zhang X, He W, Ren L, Stager J, Evans PJ, Logan BE. 2015. COD removal characteristics in air-cathode microbial fuel cells. *Bioresource Technology*. 176: 23-31.