

## KINERJA MICROBIAL FUEL CELL PENGHASIL BIOLISTRIK DENGAN PERBEDAAN JENIS ELEKTRODA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PERIKANAN

**Bustami Ibrahim\***, Pipih Suptijah, Zhalindri Noor Adjani

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

\*Korespondensi: [bustamibr@yahoo.com](mailto:bustamibr@yahoo.com)

Diterima: 27 Januari 2017/ Disetujui: 11 Juli 2017

**Cara sitasi:** 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.

### Abstrak

*Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan salah satu teknologi alternatif yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik menggunakan mikroorganisme. Teknologi ini dapat diaplikasikan pada penanganan limbah, salah satunya limbah cair perikanan yang mengandung beban limbah organik yang cukup tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengukur kinerja sistem MFC pada limbah cair perikanan dalam menghasilkan biolistrik sekaligus menurunkan beban limbahnya menggunakan jenis elektroda yang berbeda yaitu alumunium, besi, karbon grafit serta kombinasi alumunium dan karbon grafit. Metode penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu pembuatan limbah cair perikanan, pembuatan alat MFC satu bejana dan pengukuran elektrisitas limbah. Hasil elektrisitas selama 120 jam pengamatan secara keseluruhan mulai dari alumunium, besi, karbon grafit hingga kombinasi alumunium dengan karbon grafit berturut-turut adalah 0,23V, 0,17V, 0,19V, dan 0,34V. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem MFC mampu menurunkan rata-rata total Nitrogen yaitu 61%, BOD 30,11%, COD 59,34%, dan total amonia nitrogen 12,45%. Peningkatan biomassa lumpur aktif terjadi pada akhir pengamatan melalui nilai *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS) dan *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid* (MLVSS) masing-masing 7.066,67 mg/L dan 6.100 mg/L.

Kata kunci: alternatif, biolistrik, mikroorganisme, terbarukan

### *Performance of Microbial Fuel Cell to Generate Bioelectricity Uses Different Kinds of Electrode in the Fish Processing Wastewater*

#### Abstract

Microbial Fuel Cell (MFC) is one of the alternative technologies which can convert chemical energy to electrical energy through a catalytic reaction using microorganisms. The technology can be implemented for wastewater handling such as fish processing wastewater which contains highly in organic substances. The research objective was to measure the performance of MFC system using fishery processing wastewater in order to generate bioelectricity and to reduce its organic pollution load within a different material of the electrode. The electrode materials used were aluminum, iron, carbon graphite, and also the combination of aluminum and carbon graphite. The research carried out in three phases: production of fishery wastewater, assembly of MFC single chamber system and measurement of the bioelectricity produced. The bioelectricity power resulted during 120 hours of observation were 0.23V for aluminum, 0.17V for iron, 0.19V for carbon graphite, and 0.34V for the combination between aluminum and carbon graphite averagely. The MFC system can also decrease the organic load parameter of wastewater as much as total Nitrogen was 61%, BOD 30.11%, COD 59.34%, and total Nitrogen Ammonia 12.45%. The increasing of activated sludge biomass occurred on the last observation with MLSS and MLVSS values respectively 7,066.67 mg/L and 6,100 mg/L.

Keywords: alternatives, bioelectricity, microorganisms, renewable

## PENDAHULUAN

Indonesia saat ini sedang dihadapkan pada masalah krusial yang menyangkut hajat hidup orang banyak. Pertumbuhan manusia yang semakin meningkat menyebabkan permintaan energi listrik semakin besar sedangkan pasokan sumber energi listrik semakin menipis. Ketersediaan minyak bumi yang selama ini menjadi sumber energi utama pada tahun 2013 diperkirakan hanya tersisa 25% dari total minyak bumi dunia (KESDM 2012). Krisis energi ini memicu pengembangan sumber energi alternatif untuk mensubstitusi penggunaan minyak bumi yang selama ini menjadi sumber energi utama bagi masyarakat. *Microbial Fuel Cell* (MFC) atau sel elektrokimia berbasis mikroba merupakan salah satu contoh teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai energi substituen karena *fuel cell* ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik menggunakan mikroorganisme. Sistem ini memanfaatkan air buangan sebagai substrat sehingga dapat dijadikan alat yang ideal untuk mengolah mikroorganisme.

Air limbah industri perikanan merupakan salah satu limbah yang banyak menimbulkan masalah terhadap lingkungan sekitarnya. Limbah cair industri perikanan yang mengandung sejumlah besar protein dan lemak, dapat menimbulkan masalah lingkungan karena menimbulkan bau yang tidak sedap serta merupakan polusi berat pada perairan bila pembuangannya tidak diberi perlakuan yang tepat. Penanganan limbah cair yang kurang baik pada lingkungan perusahaan pengolahan ikan akan menyebabkan masih tingginya kandungan organik misalnya minyak, serpihan ikan dan sisik ikan yang terbawa dalam aliran limbah. Operasi unit pengolahan limbah cair membutuhkan biaya yang cukup tinggi terutama biaya untuk energi sehingga banyak perusahaan yang mengabaikan untuk mengolah limbah cairnya.

Pencemaran lingkungan oleh limbah cair sebenarnya dapat dihindari dengan memanfaatkan limbah cair itu sendiri. Ibrahim *et al.* (2013) menunjukkan adanya potensi penggunaan limbah cair industri perikanan sebagai penghasil listrik masa

depan. Seok *et al.* (2008) melaporkan pada sedimen Danau Ilgam Seoul menunjukkan data elektrisitas yang dihasilkan menggunakan jenis elektroda lempeng grafit dan batang grafit yaitu 0,5-0,6 volt, maka sebagai upaya pemanfaatan, air limbah industri perikanan ini dapat digunakan sebagai substrat dalam sistem MFC untuk produksi listrik.

Mikroorganisme dapat mengubah energi kimia yang tersimpan di dalam komponen organik menjadi energi listrik selama diinkubasi dalam *Microbial Fuel Cell* (MFC), sehingga bakteri di dalam MFC bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan daya listrik selama mengonsumsi limbah (Milliken dan May 2007). Proses degradasi kandungan organik pada limbah cair agar menghasilkan biolistrik ini tentunya membutuhkan mikroba pengurai. Ibrahim *et al.* (2014) melaporkan bahwa pemodelan MFC menggunakan lumpur aktif pada limbah cair perikanan dapat diterapkan untuk menghasilkan biolistrik. Kandungan mikroba dalam lumpur aktif dapat digunakan pada sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik melalui proses penghancuran senyawa-senyawa organik. Lumpur aktif adalah ekosistem yang kompleks yang terdiri dari bakteri, protozoa, virus, dan organisme-organisme lain. Lumpur aktif tersebut biasanya terdiri dari kombinasi bakteri pengurai misalnya *Aerobacter* sp., *Nitrobacter* sp., *Nitrosomonas* sp., dan strain bakteri pengurai lainnya yang mampu mendegradasi kandungan organik misalnya mempercepat proses fermentasi limbah organik yang terlarut dalam air serta menurunkan kandungan organik dalam air limbah. Pemanfaatan lumpur aktif tersebut juga diharapkan dapat digunakan pada sistem MFC, sehingga selain mendegradasi kandungan organik pada limbah cair perikanan, penggunaan lumpur aktif tersebut juga dapat menghasilkan biolistrik.

Pemanfaatan air limbah industri perikanan dalam sistem MFC diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah yang selama ini digunakan dan dapat mengatasi permasalahan utama yang ditimbulkan oleh air limbah tersebut, yaitu bau yang tidak sedap yang menyebabkan ketidaknyamanan

masyarakat di sekitarnya. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu langkah ke depan untuk mendapatkan sumber energi baru dan terbarukan, sehingga penggunaan sistem MFC dengan susbstrat air limbah dapat mengurangi konsumsi energi fosil (Du *et al.* 2007).

Penelitian ini bertujuan mengukur kinerja sistem MFC pada limbah cair perikanan dalam menghasilkan biolistrik serta menurunkan beban limbahnya dengan penggunaan jenis elektroda yang berbeda yaitu, alumunium, besi, karbon grafit serta kombinasi alumunium dan karbon grafit.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini lumpur aktif dan limbah ikan (kulit dan sisa daging). Bahan lain yang digunakan meliputi akuades,  $K_2Cr_2O_7$  (Merck CAS 231-906-6),  $H_2SO_4 \cdot Ag_2SO_4$  (Merck PA), indikator ferroin,  $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2]$  (Sigma Aldrich CAS 7783-85-9), NaOH 45% (Merck 111360), HCl 0,05 N (Merck PA), NaOH 0,05 N (Merck PA), Kertas saring Whatman 42, bahan uji amonia.

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain, elektroda (karbon grafit, alumunium, dan besi), kabel, multimeter digital tipe DT 830B, botol Erlenmeyer Pyrex 4980FK50, buret, pipet, DO meter (Lutron DO 5510), aerator, spektrofotometer (Optima SP-300), oven (Yamamoto Drying Oven DV 41), dan tanur (Yamamoto Muffle Furnace FM 38).

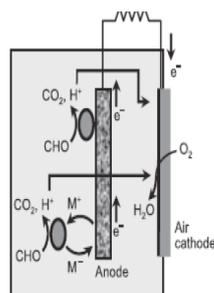
### Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama yaitu pembuatan limbah cair

perikanan yang mengacu pada Ibrahim *et al.* (2009). Tahap kedua adalah perakitan alat *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang dirangkai seperti pada penelitian Moqsud dan Omine (2010) yang dimodifikasi. Tahap ketiga adalah pengukuran elektrisitas dari MFC satu bejana mengacu pada Seok *et al.* (2008) serta analisis kualitas limbah cair yang terdiri dari analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), total nitrogen, nitrogen amonia, Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS), dan *Mixed Liquor Volatile Suspended Solids* (MLVSS) yang mengacu pada APHA (1999). Analisis limbah meliputi analisis COD, BOD, total nitrogen, nitrogen amonia, MLSS, dan MLVSS pada hari ke 0 (awal) dan 5 (akhir) sebanyak 3 kali ulangan.

Pembuatan limbah cair dilakukan mengacu pada Ibrahim *et al.* (2009) yakni limbah potongan daging dan kulit ikan dicincang, selanjutnya direbus pada air mendidih selama 10 menit dengan rasio berat ikan (kg) dan volume air (liter) adalah 1:5. Pembuatan limbah cair dilakukan untuk menjaga kekonstanan karakteristik limbah cair yang digunakan untuk percobaan. Proses aerasi lumpur aktif yang diperoleh dari unit pengolahan limbah di Muara Baru Jakarta juga dilakukan sebelum digunakan. Lumpur aktif tersebut dimasukkan ke dalam sistem MFC yang berisi limbah cair dengan perbandingan antara lumpur aktif dan limbah cair sebesar 1:10. Tujuan penambahan lumpur aktif ini adalah untuk menurunkan beban polusi yang terlarut, khususnya senyawa organik sampai batas yang aman terhadap lingkungan dengan memanfaatkan mikroba.

Model alat MFC yang digunakan mengacu Moqsud dan Omine (2010) yang dimodifikasi. Sistem MFC yang digunakan



Gambar 1 Desain MFC air cathode satu bejana

merupakan sistem MFC satu bejana tanpa membran (Liu dan Logan 2004) (Gambar 1). Bejana yang digunakan terbuat dari bahan plastik berukuran 18x10x10 cm<sup>3</sup> yang didesain untuk menampung volume limbah cair sebanyak 1.800 mL. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit, alumunium, serta besi masing-masing berukuran 7x1x1 cm<sup>3</sup>. Elektroda tersebut disambungkan dengan kawat tembaga untuk memudahkan saat pengukuran elektrisitas. Jumlah MFC yang dibuat sebanyak 12 buah untuk 3 kali ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah perbedaan jenis elektroda, yaitu alumunium, besi, dan karbon grafit.

Masing-masing elektroda di dalam bejana dihubungkan dengan kabel lalu bejana ditutup rapat. Kedua kabel dihubungkan oleh multimeter. Multimeter diatur untuk pengukuran tegangan listrik pada skala terkecil terlebih dahulu kemudian nilai tegangan yang tertera pada layar multimeter diamati pada selang waktu tertentu (Seok *et al.* 2008).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah Cair Perikanan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai amonia yaitu 2,4 mg/L, COD 768,0 mg/L, dan Total N 3464,5 mg/L lebih tinggi dibandingkan dengan limbah cair pada penelitian Ibrahim (2007). Hasil ini menunjukkan bahwa beban limbah cair buatan yang dihasilkan perlu dikurangi agar memenuhi syarat baku mutu limbah sesuai dengan Peraturan KNLH (2007) (Tabel 1). Penggunaan lumpur aktif merupakan salah satu alternatif untuk menurunkan beban polusi limbah cair yang biasa digunakan pada pengolahan limbah cair. Lumpur aktif adalah komunitas mikroorganisme yang membentuk

flok. Pertumbuhan mikroorganisme ini akan menggunakan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai nutrisi yang kemudian dikonversi menjadi energi dan sel-sel baru. Secara tidak langsung hal ini akan menurunkan kandungan polusi dalam limbah yang terukur sebagai parameter nilai BOD, COD, nitrogen amonia, dan total nitrogen.

### Elektrisitas Limbah Dalam Sistem MFC

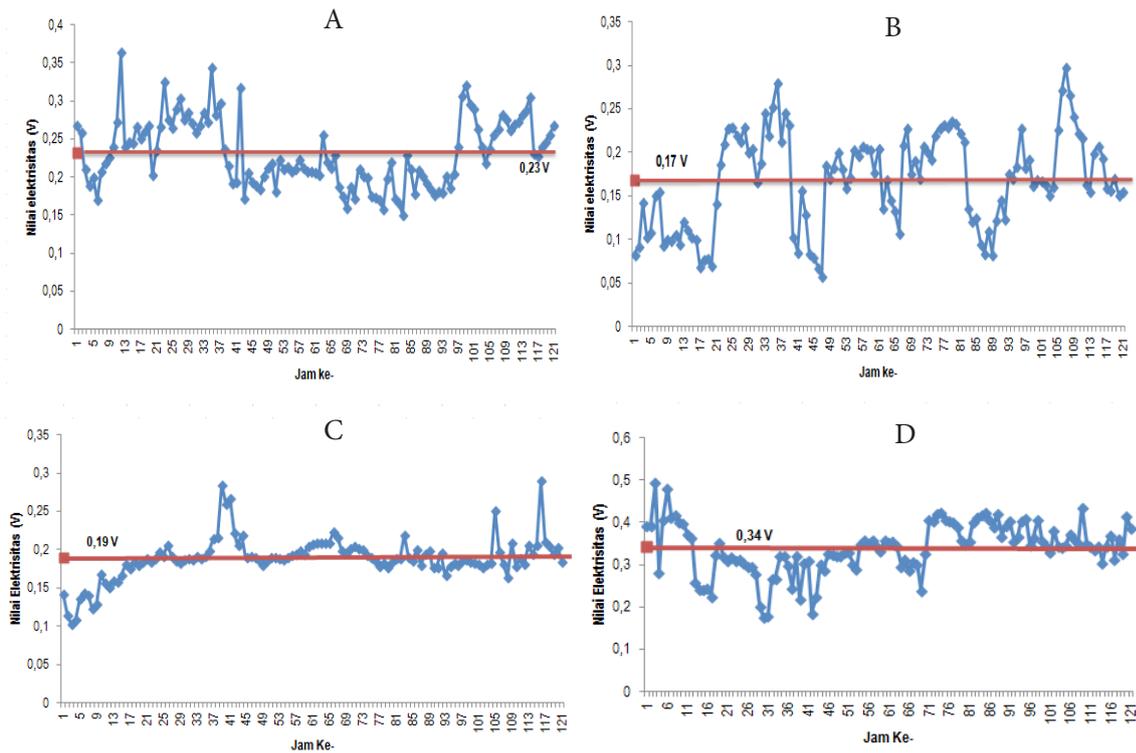
Nilai elektrisitas yang dihasilkan pada semua perlakuan memiliki nilai yang berfluktuasi seperti terlihat pada Gambar 2. Sistem MFC dengan elektroda alumunium menghasilkan elektrisitas tertinggi 0,36V dan terendah 0,13V, pada besi tertinggi 0,30 V dan terendah 0,06V, pada karbon grafit tertinggi 0,29 V dan terendah 0,1V, pada kombinasi elektroda karbon grafit dan alumunium tertinggi 0,50V dan terendah 0,17V. Hasil rata-rata dari keseluruhan pengamatan menunjukkan hasil yang paling tinggi pada sistem MFC dengan elektroda kombinasi karbon grafit dan alumunium (0,34V), kemudian diikuti alumunium (0,23 V), karbon grafit (0,19 V), dan besi (0,17 V).

Potensial listrik yang terukur pada penelitian ini berasal dari kemampuan MFC sebagai *bioelectrochemical system* (BESs) yang bisa mengubah biomassa menjadi energi listrik melalui aktivitas metabolisme mikroba (Pant *et al.* 2009). Degradasi material organik pada limbah cair perikanan buatan ini menghasilkan elektron yang dapat berikatan dengan TEA (*Terminal Electron Acceptor*) misalnya oksigen, nitrat, nitrit, sulfat, dan sebagainya yang berdifusi melalui sel, lalu elektron tersebut ditangkap oleh anoda dan proton ditangkap oleh katoda yang kemudian menyebabkan beda

Tabel 1 Karakteristik limbah cair perikanan

Parameter	Satuan	Limbah cair buatan	Limbah cair perikanan <sup>a</sup>	Baku mutu limbah cair tepung ikan <sup>b</sup>
BOD	mg/L	124,0	184,0	100,0
COD	mg/L	768,0	571,0	300,0
Amonia	mg/L	2,4	1,7	5,0
Total N	mg/L	3464,5	111,0	-

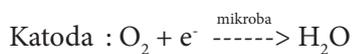
Keterangan: <sup>a</sup>Ibrahim (2007); <sup>b</sup>Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2007)



Gambar 2 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan: Elektroda alumunium (A); Elektroda besi (B); Elektroda karbon grafit (C); Kombinasi elektroda karbon grafit dan alumunium (D).

potensial sehingga menghasilkan biolistrik (Fux dan Siegrist 2004).

Kemampuan MFC dalam menghasilkan listrik bergantung pada reaksi elektrokimia yang terjadi antara susbtrat organik berpotensi rendah yaitu glukosa dan penerima elektron akhir yang berpotensi tinggi, yaitu oksigen. Glukosa sebagai molekul biodegradable akan terdegradasi yang ditunjukkan pada reaksi berikut:



Peningkatan atau penurunan listrik yang dihasilkan ini berhubungan dengan jumlah elektron bebas yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Fluktuasi listrik yang dihasilkan ini dapat pula disebabkan oleh interaksi dan persaingan antara bakteri di dalam substrat pertumbuhan. Penurunan yang terjadi pada akhir pengukuran elektrisitas pada MFC disebabkan karena nutrisi didalam substrat berkurang akibat aktivitas metabolisme bakteri seiring dengan bertambahnya hari.

Perombakan nutrisi dalam air limbah oleh mikroorganisme sebagai sumber energi bagi kehidupannya, juga menghasilkan ion-ion berupa elektron maupun proton. Elektron dan proton yang akan dihasilkan akan berkurang apabila nutrisi berkurang, yang kemudian menurunkan elektrisitas. Air limbah merupakan habitat dari bakteri *electricigens* (bakteri yang mampu menghasilkan elektrisitas) (Korneel *et al.* 2008).

Berdasarkan rata-rata daya listrik yang dihasilkan pada semua perlakuan maka MFC dengan perlakuan elektroda alumunium, karbon grafit, dan kombinasi antara alumunium dengan karbon grafit merupakan perlakuan yang menghasilkan rata-rata listrik paling besar dibandingkan dengan besi. Listrik yang dihasilkan dalam sistem MFC ini tergolong besar karena adanya perbedaan sifat kereaktifan dan nilai dari potensial standar dari masing-masing jenis elektroda yang digunakan. Alumunium merupakan unsur dari golongan IIIA dengan nilai potensial standar -1,66 sedangkan besi merupakan unsur golongan VIIID yang memiliki nilai potensial standar

-0,44. Berdasarkan perbedaan nilai potensial standar tersebut, alumunium memiliki sifat kereaktifan yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi sehingga posisi alumunium dalam deret volta berada di sebelah kiri besi. 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. Sifat kereaktifan dari masing-masing elektroda pada sistem MFC ini menyediakan luasan yang lebih besar untuk kontak bakteri dalam mentransfer elektron ke elektroda dan memberikan efek pada energi listrik yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa selain alumunium, karbon grafit juga memiliki nilai elektrisitas yang lebih tinggi daripada besi. Sifat karbon grafit yang memiliki elektron yang telah terdelokalisasi dan tidak terikat pada atom tertentu memungkinkan elektroda ini membawa muatan listrik. Karbon grafit merupakan golongan non logam yang berasal dari alotrop karbon dengan nilai potensial standar -1,59. Nilai potensial standar yang tinggi pada karbon grafit menyebabkan elektroda ini lebih tahan terhadap asam dan basa sehingga lebih tahan terhadap korosi. Kim *et al.* (2005) menyatakan bahwa logam yang bersifat inert merupakan logam yang tahan terhadap asam atau bereaksi lambat karena adanya lapisan oksida pelindung. Grafit (C), platina (Pt), aurum (Au), dan alumunium (Al) merupakan jenis logam yang bersifat inert terhadap oksidasi karena memiliki lapisan pelindung pada bagian permukaan yang mampu mencegah terjadinya oksidasi berkelanjutan (pasivasi).

Hasil elektrisitas menunjukkan bahwa perlakuan yang paling optimal untuk menghasilkan elektrisitas terbaik adalah kombinasi antara alumunium dan karbon grafit dengan rata-rata elektrisitas 0,34V. Hasil ini cukup baik dibandingkan penelitian Ibrahim *et al.* (2014) dengan hasil rata-rata tertinggi 0,21V. Potensial listrik yang diperoleh dari hasil degradasi sudah cukup baik, karena senyawa hasil degradasi limbah seperti NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NO<sub>2</sub><sup>-</sup> serta NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/N<sub>2</sub> memiliki potensial antara 0,34–0,74V. Faktor yang menentukan nilai elektrisitas pada MFC ini adalah jenis

substrat, kondisi operasi sistem, luas area, tipe elektroda dan jenis mikroorganisme (Scott *et al.* 2007).

### **Karakteristik Limbah Cair Perikanan pada sistem MFC**

#### **Biological Oxygen Demand (BOD)**

Hasil uji menunjukkan adanya penurunan kadar BOD pada awal dan akhir pengamatan. Limbah awal sebelum diberikan perlakuan penambahan lumpur aktif memiliki kadar BOD 124±5,66 mg/L. Nilai BOD tersebut menurun setelah limbah diberi lumpur aktif menjadi 37,33±27,23 mg/L dengan persentase penurunan yaitu 30,11%. Penurunan nilai BOD tersebut menunjukkan terjadinya proses penguraian senyawa organik. Jumlah bahan organik yang diuraikan semakin besar maka semakin banyak oksigen yang digunakan (Poppo *et al.* 2008). Hasil uji statistik (Tabel 2) menunjukkan bahwa lumpur aktif memberikan pengaruh pada kadar BOD limbah. Berdasarkan hasil BOD tersebut, lumpur aktif yang digunakan mampu menurunkan BOD sesuai dengan baku mutu BOD limbah cair tepung ikan, yaitu dibawah 100 mg/L (KNLH 2007).

#### **Chemical Oxygen Demand (COD)**

Hasil uji menunjukkan penurunan kadar COD pada limbah cair perikanan. Limbah awal memiliki kadar COD 768±66 mg/L. Nilai tersebut menurun pada akhir pengamatan menjadi 456±394,99 mg/L dengan persentase penurunan kadar COD yaitu 59,34% dari limbah awal. Berdasarkan hasil uji statistik t (Tabel 2) pada taraf nyata 0,05, pemberian lumpur aktif berpengaruh signifikan terhadap hasil akhir beban limbah. Hasil COD tersebut menunjukkan bahwa lumpur aktif yang digunakan mampu menurunkan beban limbah cair buatan melalui reaksi metabolik mikroba yang berlangsung dalam sistem selama proses pengamatan. Firdus dan Muchlisin (2010) menyatakan bahwa reduksi COD setelah tiga hari akan mengalami penurunan yang disebabkan oleh peningkatan jumlah mikroba yang menghambat kontak antara mikroba dengan limbah cair sehingga nilai penurunan COD relatif konstan.

Tabel 2 Hasil uji statistik t (BOD)

		Rataan	Standar deviasi	Standar Error Rataan	95% selang kepercayaan		t	df	Sig. (2-tailed)
					Batas bawah	Batas atas			
Kebutuhan oksigen secara biologis									
Pair 1	sebelum - sesudah	86,66667	23,43786	13,53186	28,44379	144,88954	6,405	2	0,024
Kebutuhan oksigen secara kimiawi									
Pair 1	sebelum - sesudah	485,33333	207,59897	119,85732	-30,37110	1001,03777	4,049	2	0,056
Jumlah total padatan (lumpur) tersuspensi (MLSS)									
Pair 1	sebelum - sesudah	-133,33333	3638,97421	2100,96274	-9173,04641	8906,37974	-,063	2	0,955
Jumlah total padatan (lumpur) volatil tersuspensi (MLVSS)									
Pair 1	sebelum - sesudah	-420,00000	2080,28844	1201,05509	-5587,72297	4747,72297	-,350	2	0,760
Total Amonia Nitrogen									
Pair 1	sebelum - sesudah	0,96040	0,18112	0,10457	0,51048	1,41032	9,184	2	0,012
Total Nitrogen									
Pair 1	sebelum - sesudah	1328,28250	125,06782	62,53391	1129,27169	1527,29331	21,241	3	0,000

### **Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) dan Mixed Liquor Volatil Suspended Solid (MLVSS)**

Hasil uji pada limbah menunjukkan peningkatan nilai MLSS yaitu  $6.933,33 \pm 627,80$  mg/L menjadi  $7.066,67 \pm 4.196,82$  mg/L dan MLVSS yaitu  $5.680 \pm 56,57$  mg/L menjadi  $6.100 \pm 2.969,84$  mg/L. Perbedaan nilai antara MLSS dan MLVSS ini menunjukkan bahwa selisih diantara keduanya adalah material anorganik. Hal ini sesuai pernyataan Guntur *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa adanya peningkatan kadar MLSS dan MLVSS mengindikasikan laju pertumbuhan berjalan dengan baik karena adanya waktu kontak antara mikroorganisme dalam limbah yang mampu menghilangkan polutan berkadar organik tinggi. Hasil ini juga menunjukkan bahwa lumpur aktif mampu mengubah limbah cair organik menjadi bentuk anorganik atau menjadi massa sel sehingga dalam proses pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif akan terjadi penurunan senyawa organik dan peningkatan biomassa. Berdasarkan hasil uji statistik t (Tabel 2) pada taraf nyata 0,05

menunjukkan bahwa jumlah penambahan lumpur aktif memberikan pengaruh terhadap uji ini. Pengaruh semua perlakuan terhadap perubahan MLSS dan MLVSS adalah signifikan satu sama lain terhadap hasil akhir beban limbah cair.

### **Total Amonia Nitrogen (TAN)**

Hasil uji total amonia nitrogen menunjukkan adanya penurunan kandungan nitrogen amonia dari  $2,44 \pm 0,07$  mg/L menjadi  $0,30 \pm 0,23$  mg/L pada hari ke-6 pengamatan. Penurunan kandungan amonia terjadi karena adanya degradasi senyawa amonia menjadi nitrit dan nitrat. Penambahan lumpur aktif ke dalam limbah cair diduga meningkatkan jumlah mikroorganisme termasuk bakteri nitrifier. Hal ini menunjukkan bahwa flok lumpur aktif merupakan tempat berkumpulnya bakteri autotrofik misalnya bakteri nitrit (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) yang dapat merubah amonia menjadi nitrat (Jamieson *et al.* 2003). Hasil uji statistik t (Tabel 2) pada taraf nyata 0,05 menunjukkan bahwa pemberian lumpur aktif memberikan

pengaruh terhadap penurunan kadar amonia. Pengaruh perlakuan terhadap perubahan total amonia nitrogen adalah signifikan satu sama lain.

### Total Nitrogen

Hasil uji menunjukkan adanya penurunan total nitrogen dalam sistem MFC, yaitu  $3.464,51 \pm 77,61$  mg/L pada hari ke-0 menjadi  $2.136,24$  mg/L pada hari ke-6, dengan persentase penurunan beban limbah sebesar 61%. Penurunan total nitrogen menunjukkan bahwa pemberian lumpur aktif mampu mempercepat proses penguraian senyawa nitrogen organik yang terdapat pada limbah cair. Proses ini terjadi karena adanya konversi amonia menjadi nitrit dan nitrat dimana proses ini mengakibatkan perubahan bentuk senyawa nitrogen yang berubah menjadi gas nitrogen (Rozendal *et al.* 2008). Berdasarkan hasil uji statistik t (Tabel 2) pada taraf nyata 0,05 perlakuan pemberian lumpur aktif memberikan pengaruh terhadap uji ini. Pengaruh perlakuan terhadap perubahan total nitrogen adalah signifikan satu sama lain.

### KESIMPULAN

Sistem MFC mampu menurunkan rata-rata kadar total N (61%), BOD (30,11%), COD (59,34%), dan total amonia nitrogen 12,45% selama 6 hari. Nilai penurunan ini berbanding terbalik dengan nilai MLSS dan MLVSS yang masing-masing mengalami peningkatan 1,92% dan 7,39% pada hari terakhir percobaan. Pengukuran elektrisitas menunjukkan bahwa elektroda terbaik yang mampu menghasilkan rataan elektrisitas tertinggi adalah alumunium (0,23 V) dan karbon grafit (0,19 V). Paduan dua elektroda antara alumunium dan karbon grafit mampu menghasilkan rataan elektrisitas yang lebih tinggi yaitu 0,34 Volt.

### 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.  
Du Z, Li H, Gu T. 2007. A state art review

on microbial *fuel cells*: a promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology Advances*. 25:464-482.

- Firdus, Muchlisin ZA. 2010. Degradation rate of sludge and water quality of septic tank (water closed) by using starbio and freshwater catfish as biodegradator. *Jurnal Natural*. 10(1):1-6.
- Fux C, Siegrist H. 2004. Nitrogen removal from sludge digester liquids by nitrification/denitrification or partial nitrification/anammox: environmental and economical considerations. *Water Science and Technology*. 50(10): 19–26.
- Guntur P, Sarwoko M, Wahyono H, Eddy SS. 2011. Wastewater treatment strategy for fish processing industry in kota pantai Muncar of Indonesia. *International Journal of Academic Research*. 3(2): 93-97.
- Ibrahim B. 2005. Kaji ulang sistem pengolahan limbah cair industri hasil perikanan secara biologis dengan lumpur aktif. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 8(1): 31-41.
- Ibrahim B. 2007. Studi penyisihan nitrogen air limbah agroindustri hasil perikanan secara biologis dengan model dinamik Activated Sludge Model (ASM) 1. [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Ibrahim B, Erungan AC, Heriyanto. 2009. 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, Trilaksani W, Apriyani D. 2013. Potensi biolistrik dari limbah cair industri perikanan dengan microbial *fuel cell* satu bejana. *Jurnal Dinamika Maritim*. 3(2): 45-55.
- Ibrahim B, Salamah E, Alwinskyah R. 2014. Pembangkit biolistrik dari limbah cair industri perikanan menggunakan Microbial *Fuel cell* dengan jumlah elektroda yang berbeda. *Jurnal Dinamika Maritim*. 4 (1): 1-9.
- Jamieson TS, Stratton GW, Gordon R, Madan A. 2003. The use of aeration to enhance ammonia nitrogen removal

- in constructed wetlands. *Canadian Biosystem Engineering*. 45(1): 9-14.
- [KESDM] Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2012. Rencana induk jaringan transmisi dan distribusi gas bumi nasional tahun 2012-2025. Kepmen No 2700 k/11/MEM/2012. Jakarta (ID): Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- [KNLH] Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2007 Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan hasil perikanan. Kepmen No 06 Tahun 2007. Jakarta (ID): Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Kim JR, Booki M, Bruce EL. 2005. Evaluation of procedures to acclimate a microbial *fuel cell* for electricity production. *Applied Microbial Biotechnology*. 68: 23-30.
- Korneel R, Suzanne TR, Peter C, Stefano F, Philip LB, Linda LB, Jurg K. 2008. Cathodic oxygen reduction catalyzed by bacteria in microbial fuel cells. *International Society for Microbial Ecology*. 21: 1-9.
- 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 Technology*. 38: 4040-4046.
- Moqsud MA, Omine K. 2010. Bio-electricity generation by using organic waste in Bangladesh [prosiding]. International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB10) di Jepang, September 2010.
- Pant D, Bogaert GV, Diels L, Vanbroekhoven K. 2009. A review of the substrates used in microbial *fuel cells* (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology*. 10:1-11.
- Poppo A, Mahendra MS, Sundra IK. 2008. Studi kualitas perairan pantai di kawasan industri perikanan desa Pengambengan, Kecamatan Negara, Kabupaten Jembrana. *Journal of Ecotrophic*. 3(2): 98-103.
- Rozendal RA, Hamalers HVM, Rabaey K, Keller J, Buisman JN. 2008. Towards practical implementation of bioelectrochemical wastewater treatment. *Trends in Biotechnology*. 26(8): 450-459.
- Scott K, Rimbu GA, Katuri KP, Prasad KK, Head IM. 2007. Application of modified carbon anodes in microbial *fuel cells*. *International Chemical Engineers*. 85(5):481-488.
- Seok WH, Hyung JK, Yong SC, Tai HC. 2008. Field experiments on bioelectricity production from lake sediment using microbial *fuel cell* technology. *Bulletin Korean Chemistry Society*. 29(11): 2189-2194.