

DEGRADASI BAHAN ORGANIK DAN PEMANFAATAN ARUS LISTRIK PADA SEDIMEN TAMBAK UDANG TRADISIONAL MELALUI *MICROBIAL FUEL CELL*

Degradation of Organic Matter and Utilization of Electricity in Sediments of Traditional Shrimp Pond using Microbial Fuel Cell

Bambang Riyanto*, Akhiruddin Maddu, Yayan Firmansyah

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

Diterima 5 Juni 2012 /Disetujui 31 Oktober 2012

Abstract

The development of shrimp farming is often heading a major problems such as pollution of shrimp pond sediment due to residual of feed. Microbial fuel cell (MFC) as degrading or decreasing in the accumulation of organic material in the shrimp ponds have not been developed. This study aimed to analyze decreases in the accumulation of organic material and electrical energy produced by shrimp pond sediments through microbial fuel cell. Stages of research included water quality measurement and analysis of sediment ponds, making series of MFC, electrical current and voltage measurement and characterization of substrate as a result of degradation process of organic matter. Water quality of traditional shrimp pond in Jayamukti village measured were temperature ranged 29-30°C, salinity 18-20 ppm, pH 7.5-8.5, DO 3-4 mg/L and turbidity (secchi) 25-30 cm. Sediment texture classified as clay, with organic carbon content (C) $1.45\pm 0.44\%$, nitrogen (N) $0.11\pm 0.03\%$, ratio C/N 13 and phosphate (P) 59 ppm. Organic matter content of shrimp pond sediment after 40 days has decreased, whereas the organic carbon matter became $1.29\pm 0.34\%$, N $0.10\pm 0.02\%$, C/N ratio 12 and P content 40 ± 4.08 ppm. Value of cation exchange capacity (CEC/KTK) also decreased to 21.53 ± 2.7 (cmol(+)/kg), and the value of base cations were exchanged for Mg 22.30 ± 3.07 (cmol(+)/kg), K 4.18 ± 0.85 (cmol(+)/kg), and Na 46.48 ± 14 (cmol(+)/kg). Electrical current generated by substrate sediment shrimp pond MFC, reached the peak production at day-24, with values reaching ~ 161.99 mA/m² and voltage ~ 0.39 V.

Key words: electrical energy, microbial fuel cell, pollution, shrimp ponds sediment

Abstrak

Pengembangan budidaya udang yang sering mengalami permasalahan besar terutama pencemaran sedimen tambak akibat sisa pakan. *Microbial fuel cell* (MFC) sebagai pendegradasi atau penurunan akumulasi bahan organik pada tambak udang belum pernah dikembangkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis penurunan akumulasi bahan organik dan arus listrik yang dihasilkan pada sedimen tambak udang tradisional melalui *microbial fuel cell*. Tahapan penelitian meliputi pengukuran kualitas air dan analisis sedimen tambak, pembuatan rangkaian MFC, pengukuran arus dan tegangan listrik, serta karakterisasi substrat hasil proses degradasi bahan organik. Kualitas air tambak udang tradisional di Desa Jayamukti yaitu suhu berkisar 29-30°C; salinitas 18-20 ppm; pH 7,5-8,5; DO 3-4 mg/L; dan kecerahan 25-30 cm. Tekstur sedimen tergolong tanah liat dengan kandungan karbon organik (C) $1,45\pm 0,44\%$, nitrogen (N) $0,11\pm 0,03\%$, rasio C/N 13 dan fosfor (P) 59 ppm. Setelah 40 hari aktivitas, kandungan bahan organik mengalami penurunan, yaitu karbon organik menjadi $1,29\pm 0,34\%$, nitrogen $0,10\pm 0,02\%$, rasio C/N 12 dan kandungan P $40\pm 4,08$ ppm. Nilai kapasitas tukar kation (KTK) juga mengalami penurunan menjadi $21,53\pm 2,7$ (cmol(+)/kg), dan nilai kation

*Korespondensi: Jln. Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga. Telp. +622518622915 Fax. +622518622916 e-mail: bambangriyanto_ipb@yahoo.com

basa ditukar untuk Mg $22,30 \pm 3,07$ (cmol(+)/kg), K $4,18 \pm 0,85$ (cmol(+)/kg), dan Na $46,48 \pm 14$ (cmol(+)/kg). Arus listrik yang dihasilkan MFC dengan substrat sedimen tambak udang mencapai puncak produksi pada hari ke-24, dengan nilai mencapai $\sim 161,99$ mA/m² dan tegangan $\sim 0,39$ V.

Kata kunci: energi listrik, *microbial fuel cell*, pencemaran, sedimen tambak.

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi udang dan perkembangan perdagangan udang dunia selalu diiringi berbagai isu dan permasalahan besar. Pencemaran tambak akibat sisa pakan, *treatment* kimia dan antibiotik, dan perkembangan penyakit merupakan contoh kasus yang sering muncul (Ahn *et al.* 2010).

Jackson *et al.* (2003) menyampaikan 90% sumber protein pada tambak berasal dari pakan, 22% dikonversi menjadi biomassa udang, 7% dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme, 14% terakumulasi pada sedimen dan 57% tersuspensi di air tambak. Chávez-Crooke dan Obreque-Contreras (2010) menyampaikan bahwa produksi amonia dari ekskresi dan pembusukan kotoran udang serta sisa pakan sangat bervariasi yaitu 4,5%-5,5% dari biomassa udang yang diproduksi. Avnimelech *et al.* (2001) menyampaikan bahan organik yang mengandung nitrogen digunakan bakteri heterotrof melalui proses amonifikasi dan nitrifikasi sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam tambak dan menyebabkan peningkatan oksigen pada sedimen (*Sediment Oxygen Demand/SOD*) dalam 3 minggu dari $0,06$ g O₂m⁻²h⁻¹ menjadi $0,24$ g O₂m⁻²h⁻¹. Avnimelech dan Ritvo (2003) menambahkan hasil-hasil metabolisme udang dan dekomposisi bahan-bahan organik dari pemberian pakan yang tinggi pada sedimen tambak dapat berkisar 10.000-200.000 mg/kg, bahkan Lemonnier dan Brizard (2001) menyampaikan penumpukan bahan organik sedimen tambak telah mengakibatkan kelangsungan hidup udang menurun dari 60% menjadi 10%.

Bahan organik yang terakumulasi pada sedimen selama budidaya biasanya dilakukan pengeringan dan pengapuran (kalsifikasi)

serta penyiponan, selain itu dikembangkan pula teknik-teknik modern, contoh bioremediasi (Marinho-Soriano *et al.* 2009), probiotik (Wang dan Hang 2007), *minimal water exchange system* (Aiyushirota 2009), dan bioflok (Kuhn *et al.* 2010).

Biofuel cell terdiri atas *microbial fuel cell* (MFC) dan *enzymatic fuel cell* (Hong *et al.* 2008). Penggunaan mikroba dalam *fuel cell* menggantikan fungsi enzim sehingga dihasilkan substrat yang lebih murah (Shukla *et al.* 2004). *Microbial fuel cell* secara mekanisme dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat pada substrat untuk mendegradasi bahan organik dan menghasilkan elektron yang ditransfer ke anoda kemudian dialirkan melalui sirkuit eksternal, sebelum bereaksi dengan penerima elektron di katoda (Chae *et al.* 2008; Pant *et al.* 2010).

Microbial fuel cell telah dikembangkan dalam pengolahan limbah hasil perikanan (You 2009) dan mengurangi tingkat pencemaran lingkungan perairan (Oh *et al.* 2010). Implementasi pengembangan MFC ternyata dapat menurunkan bahan organik pada sedimen. Hong *et al.* (2008) menyampaikan bahwa kandungan karbon organik pada sedimen Danau Ilgam Seoul mengalami penurunan dari 3,52% menjadi 2,37% dan Hong *et al.* (2009b) juga menyampaikan bahwa kandungan karbon organik sedimen Danau Sihwa Korea mengalami penurunan dari 6,4% menjadi 4,20%. Riyanto *et al.* (2011) juga menyampaikan bahwa bahan organik dari sedimen laut Teluk Jakarta menggunakan MFC mengalami penurunan, yaitu karbon organik menjadi $1,88 \pm 0,07\%$, nitrogen total $0,15 \pm 0,03$, dan fosfor $88 \pm 15,91\%$.

Microbial Fuel Cell (MFC) sebagai teknologi baru proses percepatan penurunan kadar

akumulasi bahan organik pada tambak udang belum dikembangkan, selain dimungkinkan dapat dikembangkan sebagai penghasil energi listrik. Logan (2008) menyampaikan listrik yang dihasilkan dari MFC dapat ditimbulkan dari proses degradasi bahan organik melalui reaksi katalitik atau melalui mekanisme bioelektrokimia mikroorganisme. Penelitian mempelajari fungsionalisasi sedimen tambak udang menggunakan MFC menjadi sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan menganalisis penurunan akumulasi bahan organik dan energi listrik yang dihasilkan pada sedimen tambak udang melalui *microbial fuel cell*.

MATERIAL DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa sedimen dan air tambak pada tambak udang tradisional rakyat yang memiliki produktivitas rendah (BSN 2009) di Desa Jayamukti, Kecamatan Belanakan, Subang Jawa Barat. Bahan lain yang digunakan adalah elektroda karbon grafit dengan bahan *treatment* elektroda berupa HCl 1N, NaOH 1N, akuades, dan air deionisasi. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian karakteristik sedimen tambak dan substrat MFC adalah akuades, air bebas ion, air bebas ion yang bebas CO₂, NaCl, KCl, HCl, larutan ekstraksi Olsen 20 mL, karbon hitam, amonium asetat, kalium dikromat, larutan standar 5.000 ppm C, etanol 96%, pasir kuarsa bersih, dan bufer pH.

Alat yang digunakan *Eikmann Grab* volume 1 L, peralatan pembuatan rangkaian dan pengukuran arus serta tegangan MFC meliputi gelas ukur 500 mL, multimeter (Masda DT830D), elektroda karbon grafit (berbentuk silinder dengan dimensi (39 x 7 mm), resistor 560 $\Omega \pm 5\%$, dan kabel N.Y.A ETERNA (1 x 2,5 mm). Alat-alat analisis fisika kimia sedimen dan air tambak meliputi kertas lakmus, *portable waterproof dissolved oxygen* meter (HI 9142), refraktometer (Milwaukee MR 100 ATC *Salinity Refractometer*), oven, desikator, destilator, *Freeze dryer* ALPHA 1-2/LD.

Metode Penelitian

Tahapan penelitian meliputi pengukuran kualitas air tambak dan karakterisasi sedimen tambak udang (Hong *et al.* 2009a), pembuatan rangkaian MFC, pengukuran arus, dan tegangan listrik (Holmes *et al.* 2004) serta karakterisasi substrat hasil proses degradasi bahan organik MFC (Hong *et al.* 2009a).

Pengukuran Kualitas Air dan Karakterisasi Sedimen Tambak Udang

Pengukuran kualitas air tambak meliputi suhu, DO, pH, salinitas dan kecerahan, yang mengacu pada BSN (2009). Karakterisasi sedimen tambak udang mengacu Hong *et al.* (2010) dan Wignyosukarto (1998), yang meliputi tekstur tanah, pH (H₂O dan KCl), daya hantar listrik (DHL), jumlah karbon organik, jumlah nitrogen total, fosfor tersedia, kapasitas tukar kation (KTK), K dapat ditukar (K dd), Ca dapat ditukar (Ca dd), dan Mg dapat ditukar (Mg dd).

Sedimen tambak udang diambil pada 3 stasiun (stasiun I pada daerah air masuk atau *inlet*, stasiun II di tengah tambak, stasiun III pada sekitar saluran pembuangan air atau *outlet*), pada masing-masing stasiun dilakukan pengambilan kembali (ulangan) sebanyak 3 kali pada area yang berlainan (Ghangrekar dan Shinde 2003).

Pembuatan Rangkaian MFC

Pembuatan rangkaian MFC mengacu Holmes *et al.* (2004), sedimen dimasukkan ke dalam gelas piala hingga ketinggian 3 cm, kemudian elektroda anoda yang terbuat dari karbon grafit berbentuk silinder dimensi 39 x 7 mm ditutup dengan sedimen setinggi 2 cm. Air tambak sebanyak 400 mL dimasukkan ke dalam gelas piala dan didiamkan selama 24 jam untuk mengendapkan partikel-partikel sedimen. Elektroda katoda ditempatkan 1 cm dari permukaan sedimen tambak pada badan air pada hari berikutnya. Kabel dari anoda dan katoda dihubungkan dengan resistor yang memiliki hambatan 560 $\Omega \pm 5\%$. Air yang

hilang selama masa pengamatan karena penguapan diganti dengan air yang telah diionisasikan. *Microbial fuel cell* dioperasikan pada kondisi gelap (dalam ruang tanpa pencahayaan) pada suhu sekitar 27°C dan dibuat sebanyak 2 buah serta 1 buah lagi sebagai kontrol (dengan anoda dan katoda tidak dihubungkan). Model rangkaian MFC disajikan pada Gambar 1.

Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik MFC

Pengukuran arus dan tegangan listrik dilakukan menggunakan multimeter Masda DT830D. Penentuan lamanya pengukuran didasarkan pada pola kecenderungan perubahan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan dari penguraian bahan organik oleh mikroorganisme (Holmes *et al.* 2004).

Karakterisasi Substrat Hasil Proses Degradasi Bahan Organik MFC

Analisis yang digunakan sama dengan karakterisasi sedimen tambak udang, yaitu kandungan karbon organik, nitrogen, fosfor, pH, daya hantar listrik (DHL), K dapat ditukar (K dd), Ca dapat ditukar (Ca dd), dan Mg dapat ditukar (Mg dd), serta kapasitas tukar kation (KTK) (Hong *et al.* 2010; Wignyosukarto 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

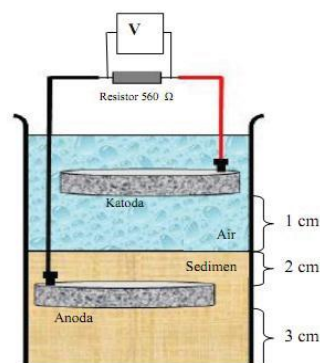
Kualitas Air dan Karakteristik Sedimen Tambak Udang Tradisional

Kualitas air tambak udang tradisional Desa Jayamukti memiliki suhu berkisar 29-

30°C; salinitas 18-20 ppm; pH 7,5-8,5; DO 3-4 mg/L dan kecerahan 25-30 cm. Nilai semua parameter kualitas air tersebut masih dalam kisaran SNI 7310:2009 (BSN 2009) sehingga masih baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang. Sedimen tambak udang tradisional Desa Jayamukti merupakan tanah lumpur berwarna abu-abu kehitaman yang terdiri atas pasir 0%, debu 23,6% dan liat 76,4% (Tabel 1).

Wang *et al.* (2008) menyampaikan bahwa partikel liat merupakan bagian terkecil dari padatan penyusun tanah dengan diameter 0,0005-0,002 mm. Hal ini menjadi memungkinkan bahwa muatan listrik tiap satuan massa dibanding fraksi penyusun tanah yang lain (pasir dan debu) akan sangat besar sehingga dapat diduga pula bahwa partikel liat berpotensi sangat besar dalam mengikat ion-ion kimia. Partikel liat merupakan koloid tanah, yang bersifat dapat menyelaputi atau berfungsi sebagai perekat/semen sehingga memungkinkan pembentukan agregat mikro penyerap atau pengikat dari unsur hara.

Kandungan C-organik pada sedimen tambak udang tradisional di Desa Jayamukti dibandingkan dengan standar masih tergolong rendah. Hong *et al.* (2010) menyampaikan bahwa kandungan karbon organik pada ekosistem tertutup relatif lebih rendah dibandingkan pada ekosistem terbuka, misalnya laut dan sungai. Kondisi ini diduga karena akumulasi bahan organik yang hanya dipengaruhi oleh jumlah materi organik yang masuk (sisa pakan dan aktivitas metabolisme udang), selain itu laju pengendapan pada sedimen dan kecepatan degradasi bahan organik sangat kecil. Adanya perbedaan karakteristik substrat dan jumlah bahan organik diduga akan berdampak pada kinerja MFC yang ada (Chadhuri dan Lovley 2003), serta kandungan karbon dan nitrogen lebih kecil dari 15 menunjukkan telah terjadinya mineralisasi N. Nilai-nilai kation dapat ditukar untuk Ca tergolong sedang, dan Mg, K serta Na tergolong tinggi. Tanah-tanah dengan kejenuhan basa rendah, berarti kompleks



Gambar 1 Model rangkaian MFC.

Tabel 1 Karakteristik sedimen tambak udang tradisional dibandingkan dengan standar kondisi untuk budi daya udang dan berbagai penelitian lainnya

Parameter uji	Sediment tambak udang tradisional				Standar kondisi budi daya udang ¹	Hong <i>et al.</i> (2008) ²	Riyanto <i>et al.</i> (2011) ³
	<i>Inlet</i> *	Tengah *	<i>Outlet</i> *	Rataan sedimen tambak*			
Tekstur							
Pasir (%)	0	0	0	0		-	20
Debu (%)	22,3	24	24,3	23,6	liat, lempung	-	49
Liat (%)	77,7	76	75,7	76,4	berpasir	-	31
pH: H ₂ O	7,9±0,12	8±0,1	7,7±0,06	7,9±0,35	5,5-7,0	7,5	7,7±0,35
KCl	7,6±0,12	7,7±0,1	7,3±0,06	7,5±0,14	-	-	7,3±0,14
DHL (dS/ m)	4,86±1,12	6,23±1,25	3,85±0,15	4,98±1,34	-	-	6,39±1,46
Salinitas (mg/ L)	2536	3303	1973	2604±753	-	-	3405±841
Bahan Organik (dalam contoh kering 105 °C):							
C (%)	1,37±0,29	1,76±0,24	1,2±0,18	1,45±0,44	3-5	3,52 ± 0,38	2,19±0,44
N (%)	0,12±0,24	0,13±0,02	0,09±1,7	0,11±0,03	0,4-0,75	-	0,19±0,06
C/ N	12	13	13	13	10	-	12
P ₂ O ₅ (ppm)	96,6±41,42	46±7,55	35±2	59±35,4	30-60	-	128±4,95
KTK (cmol(+)/kg)	25,38±2,70	22,59±3,71	21,89±4,56	23,28±3,60	>20**	-	18,46±1,24
Ca (cmol(+)/kg)	9,98±0,33	8,91±1,61	7,7±0,49	8,86±1,3	5-20**	-	-
Mg (cmol(+)/kg)	28±7,09	28,04±1,79	22,44±0,85	26,16±4,6	1,5-8,0**	-	-
K (cmol(+)/kg)	6,28±1,33	6,28±0,29	4,85±0,33	5,8±1	0,5-1,0**	-	-
Na (cmol(+)/kg)	55,76±25,06	70,35±12,48	39,32±2,08	55,15±19	0,7-1,0**	-	-

Keterangan :

¹ Nilai standar untuk budidaya udang SNI 7310:2009 (BSN 2009)² Karakteristik sedimen Danau Ilgam, Seoul (Hong *et al.* 2008)³ Karakteristik sedimen Teluk Jakarta (Riyanto *et al.* 2011).

* Karakteristik sedimen tambak udang tradisional Desa Jayamukti diuji Balai Penelitian Tanah, Bogor.

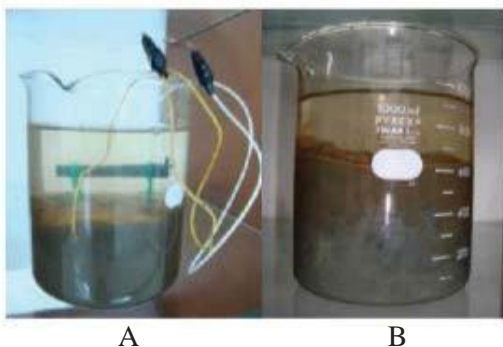
** Nilai standar untuk budidaya udang windu berdasarkan Wignyosukarto (1998)

serapan lebih banyak diisi oleh kation-kation asam, yaitu H^+ dan Al^{3+} .

Karakteristik Sedimen Tambak Udang Tradisional sebagai Substrat MFC

Sedimen tambak udang tradisional Desa Jayamukti sebagai Substrat MFC secara visual mengalami perubahan warna yaitu dari abu-abu kehitaman menjadi coklat muda (Gambar 2). Warna hitam pada sedimen umumnya mengindikasikan kandungan bahan organik yang meliputi residu tanaman dan humus. Jumlah bahan organik tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen yang berwarna coklat (Voroney 2007) sehingga dapat diduga telah terjadi penurunan jumlah bahan organik yang ada akibat penggunaan sebagai substrat dari MFC.

Kandungan bahan organik pada sedimen setelah 40 hari pengukuran sebagai substrat MFC secara analisis juga terlihat mengalami penurunan (Tabel 2). Adanya penurunan ini diduga disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang mengurai bahan organik dalam sedimen tersebut menjadi komponen-komponen lainnya (Tender *et al.* 2002). Mikroorganisme secara alami mengoksidasi bahan organik yang tersedimentasi dari kolom air dan mereduksi Fe (III) atau Mn (IV). Beberapa jenis mikroorganisme mendegradasi



Gambar 2 Perubahan warna sedimen tambak udang tradisional A = Kondisi awal substrat sedimen tambak udang (warna kehitaman) B = Kondisi akhir substrat setelah 40 hari pengukuran dengan MFC (warna coklat muda).

bahan organik kompleks dan menghasilkan produk fermentasi (asetat), dan penerima elektron (senyawa aromatik dan asam lemak rantai panjang) (Lovley 2006).

Produksi Arus dan Tegangan Microbial Fuel Cell

Jumlah arus listrik yang dihasilkan pada hari pertama pengukuran adalah $15,7 \text{ mA/m}^2$ (*inlet*), $15,7 \text{ mA/m}^2$ (tengah), $11,4 \text{ mA/m}^2$ (*outlet*), dan $21,4 \text{ mA/m}^2$ (kontrol). Kondisi tersebut menurun drastis pada hari kedua, yaitu sebesar $1,4 \text{ mA/m}^2$ (*inlet*), $2,1 \text{ mA/m}^2$ (tengah), 0 mA/m^2 (*outlet*) dan $2,1 \text{ mA/m}^2$ (kontrol), selanjutnya meningkat dan mencapai puncak pada hari ke-24, yaitu sebesar $161,99 \text{ mA/m}^2$ dan tegangan sebesar $0,39 \text{ V}$ (Gambar 3 dan Gambar 4).

Arus listrik yang dihasilkan pada hari pertama tinggi, diduga disebabkan adanya akumulasi elektron yang telah ada pada sedimen, sedangkan peningkatan jumlah arus listrik dari hari kedua dan seterusnya diduga merupakan hasil dari aktivitas dan jumlah mikroorganisme pada sedimen yang makin meningkat. Penurunan jumlah arus listrik menjelang akhir pengukuran disebabkan bahan organik yang terdapat disekitar anoda berkurang.

Pola produksi arus listrik pada MFC tambak udang menunjukkan kesamaan dengan beberapa penelitian serupa, contoh Hong *et al.* (2009b) yang menggunakan sedimen sungai sebagai substrat dalam MFC. Hong *et al.* (2009b) menyampaikan bahwa arus maksimal yang dihasilkan adalah sebesar $29,3 \text{ mA/m}^2$ kemudian mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan waktu. Perbedaan jumlah arus yang dihasilkan diduga disebabkan oleh jenis air (air laut atau air tawar), jumlah bahan organik yang terkandung dalam sedimen, dan berbagai kondisi operasi lainnya. Kinerja MFC diduga dapat juga dipengaruhi oleh kecepatan degradasi substrat, kecepatan transfer elektron oleh bakteri ke anoda, transfer proton dalam larutan (Liu *et al.* 2005), aktivitas mikroorganisme, dan substrat yang

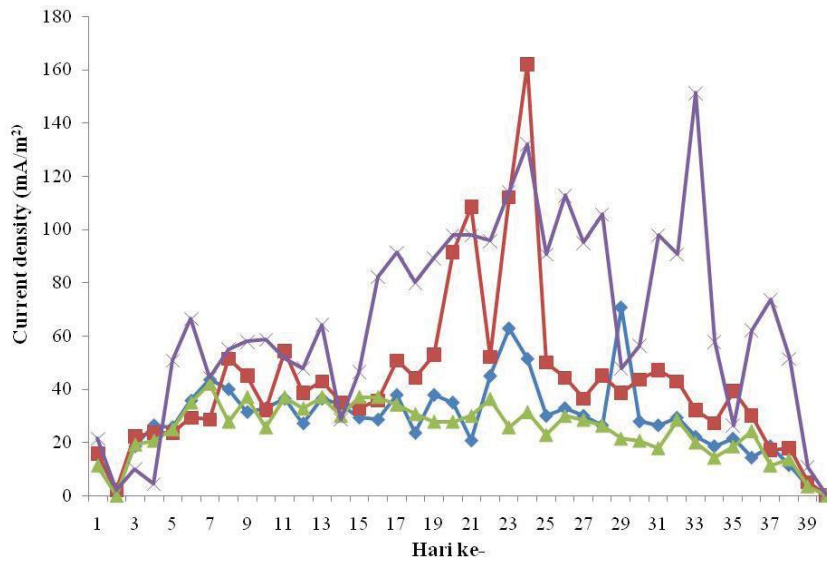
Tabel 2 Karakteristik substrat rangkaian MFC dari sedimen tambak udang tradisional dibandingkan dengan berbagai penelitian lainnya

Parameter uji	Sediment tambak udang tradisional					Hong <i>et al.</i> (2009b) ¹	Riyanto <i>et al.</i> (2011) ²
	Rataan sedimen tambak udang tradisional (sebelum ada rangkaian MFC)	Rangkaian MFC					
		<i>Inlet</i> *	Tengah *	<i>Outlet</i> *	Rataan *		
pH: H ₂ O	7,9±0,35	7,9±0,05	7,8±0,1	7,7±0,15	7,8±0,13	-	8,15±0,07
KCl	7,5±0,14	7,6±0	7,6±0	7,4±0,23	7,5±0,14	-	7,85±0,07
DHL (dS/ m)	4,98±1,34	5,46±0,98	6,39±1,34	5,60±1,43	5,8±1,18	-	7,42±1,94
Salinitas (mg/ L)	2604±753	2877	3400	2963	3080±671	-	3995±1124
Bahan Organik (dalam contoh kering 105 °C):							
C (%)	1,45±0,44	1,22±0,15	1,61±0,44	1,04±0,03	1,29±0,34	4,20	1,88±0,40
N (%)	0,11±0,03	0,09±0,01	0,12±0,02	0,09±0	0,10±0,02	-	0,15±0,03
C/ N	13	12	13	11	12	-	12
P ₂ O ₅ (ppm)	59±35,4	44±1,9	40,7±4,4	36,3±1,6	40±4,08	-	88±15,91
KTK (cmol(+)/kg)	23,28±3,60	19,18±0,59	24,47±2,59	20,92±0,54	21,53±2,7	-	17,27±0,51
Ca (cmol(+)/kg)	8,86±1,3	12,18±1,77	15,04±3,52	11,49±0,15	12,91±2,56	-	-
Mg (cmol(+)/kg)	26,16±4,6	20,68±0,96	25,99±2,41	20,20±0,21	22,30±3,07	-	-
K (cmol(+)/kg)	5,8±1	3,84±0,36	5,17±0,65	3,51±0,12	4,18±0,85	-	-
Na (cmol(+)/kg)	55,15±19	39,01±3,46	63,76±9,62	36,67±1,17	46,48±14	-	-

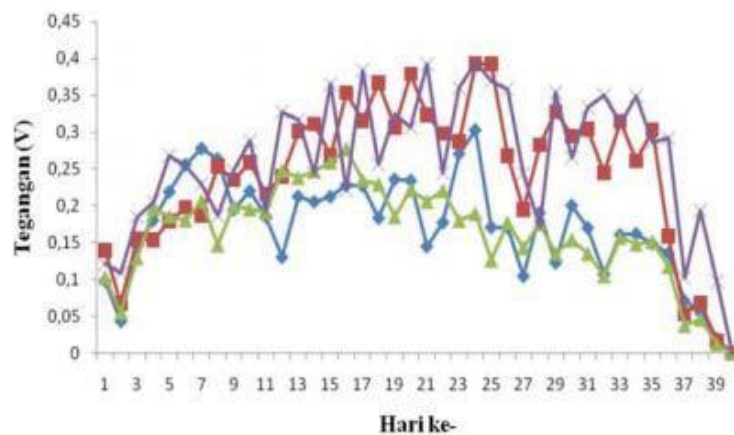
Keterangan :

¹ Karakteristik sedimen Danau Ilgam, Seoul (Hong *et al.* 2008)² Karakteristik sedimen Teluk Jakarta (Riyanto *et al.* 2011)

* Karakteristik sedimen tambak udang tradisional Desa Jayamukti diuji Balai Penelitian Tanah, Bogor.



Gambar 3 Hasil pengukuran kuat arus listrik MFC dengan substrat sedimen tambak udang [◇] inlet, [□] tengah, [△] outlet, dan [×] kontrol.



Gambar 3 Hasil pengukuran tegangan listrik (voltase) MFC dengan substrat sedimen tambak udang [◇] inlet, [□]tengah, [△] outlet, dan [×] kontrol.

digunakan (Chauduri dan Lovley 2003). Jenis bahan dan struktur anoda berdampak juga pada penempelan mikroorganisme, transfer elektron, dan pada beberapa kasus, oksidasi substrat (Watanabe 2008).

Salinitas perairan diduga juga mempengaruhi kinerja MFC. Hong *et al.* (2010) menggunakan sedimen sungai sebagai substrat MFC melaporkan arus listrik maksimal yang dihasilkan sebesar 20,2 mA/m², sedangkan penelitian Holmes *et al.* (2004) yang menggunakan sedimen laut sebagai substratnya, menghasilkan arus listrik

maksimal sebesar 30 mA/m². Lowy *et al.* (2006) menyatakan bahwa air laut memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, yaitu sebesar ~50,000 S/cm, dibandingkan perairan tawar, yaitu sebesar ~500 S/cm sehingga mempengaruhi besarnya arus listrik yang dihasilkan. Jenis sedimen juga berpengaruh terhadap jenis mikroorganisme dominan yang berperan dalam MFC. Mikroorganisme sedimen perairan tawar didominasi oleh bakteri dari famili *Geobacteraceae*, sedangkan pada perairan laut oleh bakteri dari famili *Desulfobulbaceae* (Holmes *et al.* 2004).

KESIMPULAN

Kandungan bahan organik pada sedimen tambak udang tradisional setelah 40 hari pengukuran menggunakan MFC mengalami penurunan dan dapat menghasilkan arus listrik yang mencapai puncak produksi arus listrik pada hari ke-24 sebesar $\sim 161,99 \text{ mA/m}^2$ dan tegangan sebesar $\sim 0,39 \text{ V}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn TA, Kroeze C, Bush SR, Mol APJ. 2010. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: causes and option for control. *Journal Agriculture Water Management* 97(6): 872-882.
- Aiyushirota. 2009. *Konsep Budidaya Udang Sistem Bakteri Heterotroph dengan Bioflocs*. Bandung: Biotechnology Consulting dan Trading.
- Avnimelech Y, Ritvo G, Meijer LE, Kochba M. 2001. Water content, organic carbon and dry bulk density in flooded sediment. *Journal Agricultural Engineering* 25(1): 25-33.
- Avnimelech Y, Ritvo G. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Journal Aquaculture* 220(1-4): 549-567.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. *Produksi Udang Windu (Penaeus monodon) di Tambak dengan Teknologi Sederhana*. <http://bsn.go.id/> [4 Juli 2011].
- Chaudhuri SK, Lovley DR. 2003. Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cell. *Natural Biotechnology* 21(10): 1229-1232.
- Chae KJ, Choi M, Ajayi FF, Park W, Chang IS, Kim IS. 2008. Mass transport through a proton exchange membrane (Nafion) in microbial fuel cells. *Journal Energy Fuel* 22(1): 169-176.
- Chàvez-Crooke P, Obreque-Conteras J. 2010. Bioremediation of aquaculture wastes. *Journal Biotechnology* 21(3): 313-317.
- Ghangrekar MM, Shinde VB. 2003. Microbial fuel cell: a new approach of wastewater treatment with power generation. www.ghangrekar@civil.iitkgp.ernet.in. [12 Januari 2011].
- Holmes DE, Bond DR, O'Neil RA, Reimers CE, Tender LM, Lovley DR. 2004. Microbial community associates with electrodes harvesting electricity from a variety of aquatic sediments. *Journal Microbial Ecology* 48(2): 178-190.
- Hong SW, Kim HJ, Choi YS, Chung TH. 2008. Field experiments on bioelectricity production from lake sediment using microbial fuel cell technology. *Bulletin Korean Chemical* 29(11): 2189-2194.
- Hong SW, Chang IS, Coi YS, Chung TH. 2009a. Experimental evaluation of influential factors for electricity harvesting from sediment using microbial fuel cell. *Journal Bioresource Technology* 100(12): 3029-3035.
- Hong SW, Choi YS, Chung TH, Song JH, Kim HS. 2009b. Assessment of sediment remediation potential using microbial fuel cell. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 54: 683-689.
- Hong SW, Kim HS, Chung TH. 2010. Alteration of sediment organic matter in sediment microbial fuel cells. *Journal Environmental Pollution* 158(1): 185-191.
- Jackson C, Preston NP, Burford MA. 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Journal Aquaculture* 218(1-4): 397-411.
- Kuhn DD, Lawrence AL, Boardman GD, Patnaik S, Marsh L. 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal Aquaculture* 303(1-4): 28-33.
- Lemonnier H, Brizard R. 2001. Number of shrimp crops and shrimp density effects sediment accumulation on earthen pond bottoms. World Aquaculture Society meeting, January 21–25, 2001, Disney's Coronado Springs Resort Lake Buena Vista, Florida. *Book of Abstracts* 365p.

- Liu H, Cheng S, Logan BE. 2005. Power generation in fed-batch microbial fuel cell as a function of ionic strength, temperature and reactor configuration. *Journal Environmental Science Technology* 39(14): 5488-5493.
- Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd. 1-199p.
- Lovley DR. 2006. Microbial fuel cell: novel microbial physiologies and engineering approaches. *Biotechnology* 17(3): 327-332.
- Lowy DA, Tender LM, Zeikus JG, Park DH, Lovley DR. 2006. Harvesting energy from the marine sediment-water interface II kinetic activity of anoda materials. *Biosensor Bioelectronic* 21(11): 2058-2063.
- Marinho-Soriano E, Panucci AR, Carneiro MAA, Pereira DC. 2009. Evaluation of *Gracilaria caudata* J. Agardh for bioremediation of nutrients from shrimp farming wastewater. *Bioresource Technology* 100(24): 6192-6198.
- Oh ST, Kim JR, Premier GC, Lee TH, Kim J, Changwon K, Sloan WT. 2010. Sustainable wastewater treatment: How might microbial fuel cells contribute. *Journal Biotechnology* 28(6): 871-881.
- Pant D, Bogaert GV, Diels L, Vanbroekhoven K. 2010. A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Journal Bioresource Technology* 32(9): 870-876.
- Riyanto B, Mubarik NR, Idham F. 2011. Energi listrik dari sedimen laut Teluk Jakarta melalui teknologi *microbial fuel cell*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 14(1): 32-42.
- Shukla AK, Suresh P, Berchmans S, Rajendran A. 2004. Biological fuel cells and their applications. *Journal Current Science* 87(4): 455-468.
- Tender LM, Reimers CE, Stecher HA, Holmes DE, Bond DR, Lowy DA, Pilobello K, Fertig SJ, Lovley DR. 2002. Harnessing microbially generated power on the seafloor. *Natural Biotechnology* 20(8): 821-825.
- Voroney RP. 2007. The Soil Habitat. Di dalam: Paul EA (editor). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*. Chennai: Elviesir Inc.
- Wang YB, Hang JZ. 2007. The role of probiotic cell wall hydrophobicity in bioremediation of aquaculture. *Journal Aquaculture* 269(1-4): 349-354.
- Wang D, Fu B, Zhao W, Hu H, Wang Y. 2008. Multifractal characteristics of soil particle size distribution under different land-use types on the Loess Plateau, China. *Catena* 72(1):29-36.
- Watanabe K. 2008. Recent developments in microbial fuel cell technologies for sustainable bioenergy. *Journal Bioscience Bioengineering* 106(6): 528-536.
- Wignjosukarto B. 1998. Kendala peningkatan budidaya tambak udang di Pantai Utara Jawa kasus Randusanga Kulon Kabupaten Brebes Propinsi Jawa Tengah. *Media Teknik* 20(2): 44-52.
- You SJ, Ren NQ, Zhao QL, Wang JY, Yang FL. 2009. Power generation and electrochemical analysis of biocathode microbial fuel cell using graphite fiber brush as cathode material. *Journal Fuel Cells* 9(5): 588-596.

