



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

FUNGSIONALISASI KUALITAS SEDIMEN TAMBAK UDANG DARI AKUMULASI BAHAN PENCEMAR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL* (SMFC)

BIDANG KEGIATAN PKM-AI

Oleh :

Yayan Firmansyah	C34062363	(2006)
Abdul Basir	C34080040	(2008)
Rizky Chairunisah	C34070037	(2007)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2011



HALAMAN PENGESAHAN

- Judul Kegiatan : Fungsionalisasi Kualitas Sedimen Tambak Udang
Dari Akumulasi Bahan Pencemar Dengan
Menggunakan Teknologi *Sediment Microbial Fuel
Cell* (SMFC)
- Bidang Kegiatan : () PKMP-AI () PKM-GT
(Pilih salah satu)
- Bidang Ilmu : () Kesehatan () Pertanian
(Pilih salah satu) () MIPA () Teknologi dan Rekayasa
() Sosial Ekonomi () Humaniora
() Pendidikan
- Ketua Pelaksana Kegiatan
- a. Nama Lengkap : Yayan Firmansyah
b. NIM : C34062363
c. Departemen : Teknologi Hasil Perairan (THP) - FPIK
d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
e. Alamat Rumah : Balio 26 Dramaga Bogor
HP. 085697383411
f. Alamat email : yayan_firmansyah@yahoo.com
- Anggota Pelaksana : 3 orang
- Dosen Pendamping
- a. Nama Lengkap : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
b. NIP : 19690603 199802 1 001
c. Alamat Rumah : Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor
d. No. Telp/HP : 0812 802 2114

Bogor, 3 Maret 2011

Menyetujui
Pembina kemahasiswaan
IPB

Ketua Pelaksana Kegiatan

Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
NIP. 19690603 199802 1 001

Yayan Firmansyah
NIM. C34062363

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Dosen Pendamping

Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS
NIP. 195812281985031003

Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
NIP. 19690603 199802 1 001

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya yang berjudul ” **Fungsionalisasi Kualitas Sedimen Tambak Udang Dari Akumulasi Bahan Pencemar Dengan Menggunakan Teknologi *Sediment Microbial Fuel Cell (Smfc)***” adalah karya saya sendiri yang bersumber dari hasil Pogram Kreativitas Mahasiswa bidang Penelitian tahun 2010. Sumber informasi yang dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir karya tulis ini.

Bogor, 3 Maret 2011

Dosen Pendamping

Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
NIP. 19690603 19980 2 1001

(Yayan Firmansyah)
NIM. C34062363

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat serta karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan penulisan PKM-AI yang berjudul “**Fungsionalisasi Kualitas Sedimen Tambak Udang Dari Akumulasi Bahan Pencemar Dengan Menggunakan Teknologi *Sediment Microbial Fuel Cell (Smfc)***” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan PKM ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, atas dukungan yang diberikan baik dukungan moral maupun materiil yang telah diberikan kepada penulis.
2. Bapak Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan pengarahan yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Rudi Suwandi, MS, M. Phil selaku Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan.
4. DIKTI yang telah memberikan kepercayaan dan dana penelitian kepada penulis.
5. Teman-teman penulis dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dan dukungan moril dalam pembuatan PKM ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan PKM-AI ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bogor , Maret 2011

Penulis



FUNGSIONALISASI KUALITAS SEDIMEN TAMBAK UDANG DARI AKUMULASI BAHAN PENCEMAR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL* (SMFC)

Yayan Firmansyah, Rizky Chairunisah, Abdul Basir
Institut Pertanian Bogor, Bogor

ABSTRACT

Shrimp pond sediment contamination due to residual feed, the provision of chemicals and antibiotics, genetic modification and development for diseases, is a major problem encountered in many cases the development of shrimp aquaculture in the world. Various techniques and aquaculture management have been conducted, but the use of Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC) as the technology in the process of accelerated degradation rate of organic matter accumulation in shrimp farms has never been developed. Therefore, research to study the functionalization of the quality of shrimp pond sediment from the accumulation of pollutants using SMFC technology becomes very important to do. This research includes the characterization of the shrimp pond sediment and SMFC performance measurement in improving the quality of shrimp pond sediment. The result of texture characterization in sediments of shrimp ponds showed that shrimp pond sediments are generally classified as type of clay, with organic matter content, including organic carbon (C) 2.19%, nitrogen (N) 0.19%, and 128 ppm phosphorus. As for the quality of shrimp pond sediment using SMFC obtained organic matter content, including organic carbon 1.64%, 0.15% nitrogen, and phosphorus 44 ppm. Also noted also that SMFC can produce electric currents, which peak at ~ 130 mA/m².

Keywords : pond pollution, sediment pond, shrimp pond, SMFC

ABSTRAK

Pencemaran sedimen tambak udang akibat sisa pakan, pemberian bahan kimia dan antibiotik, pengembangan untuk modifikasi genetika dan penyakit, merupakan permasalahan besar yang sering dihadapi dalam berbagai kasus pengembangan budidaya udang di dunia. Berbagai teknik dan manajemen budidaya tambak telah dilakukan, namun penggunaan Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC) sebagai teknologi dalam proses percepatan penurunan kadar akumulasi bahan organik pada tambak udang belum pernah dikembangkan. Oleh karena itu penelitian untuk mempelajari fungsionalisasi kualitas sedimen tambak udang dari akumulasi bahan pencemar dengan menggunakan teknologi SMFC menjadi sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini meliputi karakterisasi sedimen tambak udang dan pengukuran kinerja SMFC dalam peningkatan kualitas sedimen tambak udang. Hasil karakterisasi tekstur pada sedimen tambak udang menunjukkan bahwa sedimen tambak udang umumnya tergolong jenis tanah liat, dengan kandungan bahan organik yang meliputi karbon organik (C) 2,19%, nitrogen (N) 0,19%, dan fosfor 128 ppm. Adapun hasil kualitas sedimen tambak udang dengan menggunakan SMFC diperoleh kandungan bahan organik yang meliputi karbon organik sebesar 1,64%, nitrogen 0,15%, dan fosfor 44 ppm. Selain itu tercatat juga bahwa

SMFC dapat menghasilkan arus listrik, yang mencapai puncak produksi sebesar $\sim 130 \text{ mA/m}^2$.

Kata kunci : pencemaran tambak, sedimen tambak, SMFC, tambak udang

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi udang dunia dan perkembangan perdagangan udang global selalu diiringi dengan berbagai isu dan permasalahan besar. Pencemaran sedimen tambak udang akibat sisa pakan, pemberian bahan kimia dan antibiotik, pengembangan untuk modifikasi genetika dan penyakit, merupakan permasalahan yang sering muncul dalam kasus ini (Ahn *et al.* 2010). Budidaya udang juga disinyalir menimbulkan hilangnya keanekaragaman hayati, menurunnya kualitas tanah, pemanasan global, pencemaran air, serta kontaminasi sedimen tambak pada lingkungan sekitar (Bergheim & Asgard 1996).

Liao dan Mayo (1974) menyampaikan bahwa limbah internal tambak telah menyebabkan kerusakan sedimen tambak dan menyebabkan kualitas air yang rendah. Jumlah produksi budidaya udang yang semakin besar telah menyebabkan pula dampak yang besar terhadap lingkungan. Lebih lanjut Boyd (2003) menyampaikan bahwa polusi serius yang diakibatkan dalam budidaya udang akibat sisa nitrogen dari pakan adalah sebesar $\pm 70\text{-}80\%$. Selanjutnya disampaikan juga oleh Thakur & Lin (2002), bahwa akumulasi bahan-bahan organik pada sedimen tambak dari sistem budidaya udang intensif yang berasal dari sisa pakan adalah sebesar 78-90%, dengan masukan nitrogen sebesar 76,4-92,4% dan fosfor berkisar 69,8-90,6%. Lebih lanjut Avnimelech dan Ritvo (2003) menyampaikan bahwa tingkat pemberian pakan yang tinggi akan mengakibatkan peningkatan hasil-hasil metabolisme udang dan dekomposisi bahan-bahan organik pada sedimen tambak menjadi sebesar 10.000-200.000 mg/kg. Kemudian Avnimelech dan Ritvo (2002) menambahkan bahwa bahan organik yang mengandung nitrogen dapat digunakan oleh bakteri heterotrof melalui proses amonifikasi dan nitrifikasi, sehingga akan mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam tambak dan menyebabkan peningkatan akan permintaan oksigen pada sedimen (*Sediment Oxygen Demand/SOD*) dari rata-rata $0,06 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ menjadi $0,24 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ dalam 3 minggu. Yuvanatemya (2007) lebih lanjut menyampaikan bahwa tingginya bahan organik (10-100 mg/kg pada air tambak dan 10.000-200.000 mg/kg pada sedimen tambak) dapat mengakibatkan *blooming* alga beracun, yang berakibat pada kematian massal udang secara mendadak. Secara praktis, Lyles *et al.* (2008) menyampaikan bahwa penumpukan bahan organik pada sedimen tambak telah mengakibatkan penurunan tingkat kelangsungan hidup udang dari 60% menjadi 10%.

Selama masa budidaya, bahan organik yang terakumulasi pada sedimen tersebut biasanya diberi perlakuan tertentu agar dapat menghilangkan racun dan bahan-bahan berbahaya yang tidak diinginkan. Manajemen tambak yang umum dilakukan adalah dengan cara mengeringkan dan pengapuran (kalsifikasi) serta penyiponan. Selain itu dikembangkan pula teknik-teknik modern, seperti bioremediasi (Khan *et al.* 2004), probiotik (Wang and Hang 2007), dan bioflok (Kuhn *et al.* 2010).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Sediment microbial fuel cell (SMFC) merupakan salah satu model dari MFC (Hong 2009). Kajian pada bidang perikanan, MFC telah dikembangkan sebagai teknologi dalam pengolahan limbah hasil perikanan (Aelterman 2006) dan mengurangi tingkat pencemaran lingkungan perairan (Michel & Gracia 2003). Secara mekanisme, SMFC dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat pada sedimen untuk mendegradasi bahan organik (Zeng *et al.* 2003).

Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC) sebagai teknologi baru proses percepatan penurunan kadar akumulasi bahan organik pada tambak udang rakyat belum pernah dikembangkan. Selain diharapkan dapat mengolah bahan-bahan organik tambak, SMFC dapat dikembangkan pula untuk menghasilkan energi listrik. Secara teoritis menurut Logan (2008), energi listrik yang dihasilkan dari SMFC, ditimbulkan dari proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui reaksi katalitik atau melalui mekanisme sistem bioelektrokimia dari mikroorganisme. Oleh karena itu penelitian untuk mempelajari fungsionalisasi kualitas sedimen tambak udang dengan menggunakan teknologi SMFC menjadi sangat penting untuk dilakukan.

TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari fungsionalisasi kualitas sedimen tambak udang dengan menggunakan teknologi SMFC.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Juni 2010. Kegiatan dilakukan di Laboratorium Bahan Baku Hasil Perairan, Laboratorium Biokimia Hasil Perairan dan Laboratorium Mikrobiologi Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, IPB serta Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan meliputi sedimen tambak udang, yang diperoleh dari tambak udang rakyat Desa Muara Ciasem, Blanakan, Subang, Jawa Barat. Bahan untuk *treatment* elektroda pada rangkaian SMFC meliputi HCl, NaOH, akuades, dan air deionisasi. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian karakteristik sedimen dan substrat SMFC adalah akuades, air bebas ion, air bebas ion yang bebas CO₂, NaCl, KCl, HCl, larutan ekstraksi Olsen, karbon hitam, amonium asetat, kalium dikromat, larutan standar 5000 ppm C, etanol 96 %, pasir kuarsa bersih, *filter pulp*, larutan buffer pH 7,0 dan pH 4,0.

Alat-alat yang digunakan meliputi peralatan untuk pengambilan sedimen yang terdiri dari plastik ukuran 5 kilogram, tali, pipa paralon dan *Coldbox*. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan rangkaian SMFC seperti gelas piala,

multi tester (Masda DT830D), elektroda karbon grafit (berbentuk silinder dengan dimensi (39 x 7 mm), resistor $560 \Omega \pm 5 \%$, dan kabel.

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan yang meliputi 1) pengambilan sedimen tambak udang, 2) analisis karakteristik sedimen tambak udang, yang meliputi analisis kandungan karbon organik (Walkey & Black 1992), nitrogen total (Kjedahl), dan fosfor (Olsen), pengukuran pH (H_2O dan KCl), daya hantar listrik (DHL), salinitas, serta kapasitas tukar kation (KTK). Selanjutnya 3) pembuatan rangkaian SMFC yang mengacu pada penelitian Hong *et al.* (2009), 4) pengukuran arus listrik dengan cara menghubungkan multimeter dengan resistor secara seri (Holmes *et al.* 2004), 5), dan karakterisasi substrat SMFC tambak udang (Hong *et al.* 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Sedimen Tambak Udang

Pengambilan sedimen tambak udang dilakukan tanggal 27 Februari 2010. Sumber sedimen tambak udang diperoleh dari tambak warga di Desa Muara Ciasem Blanakan Subang pada kedalaman $\pm 1,5$ m. Pengambilan sampel sedimen tambak dilakukan menggunakan pipa paralon pada 2 (dua) titik yang berjarak 5 m. Sedimen tambak udang yang digunakan berupa tanah lumpur yang berwarna hitam pekat. Hasil karakterisasi tekstur sedimen tambak menggunakan metode pembacaan segitiga tekstur tanah menunjukkan bahwa sedimen tambak tersebut tergolong jenis tanah liat. Karakteristik sedimen tambak udang Desa Muara Ciasem Blanakan Subang dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagai pembandingan disajikan pula berbagai penelitian mengenai karakteristik dari sedimen diberbagai lokasi (Tabel 2.).

Tabel 1. Karakteristik sedimen tambak udang di Desa Muara Ciasem Blanakan, Subang, Jawa Barat

Tekstur (pipet)			Estrak 1:5				Terhadap contoh kering $105^\circ C$				
Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	pH		DHL (dS/m)	Salinitas (mg/l)	Bahan Organik			P_2O_5 (ppm)	KTK (cmol(+)/kg)
			H_2O	KCl			C (%)	N (%)	C/N		
0	28	71,5	7,7	7,3	6,39	3405	2,19	0,19	12	128	18,46

Keterangan :

Karakteristik sedimen tambak udang diuji di Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Tabel 2. Karakteristik dari sedimen diberbagai lokasi

Parameter Uji	Idham (2010) ¹	Hong <i>et al.</i> (2009b) ²	Hong <i>et al.</i> (2008) ³
pH:			
H ₂ O	8,15±0,07	-	9,0
KCl	7,85±0,07	-	-
DHL (dS/ m)	7,42±1,94	-	-
Salinitas (mg/ l)	3995±1124	-	-
Bahan Organik			
(Terhadap contoh kering 105 °C):			
C (%)	1,88±0,40	4,20	2.37±0.23
N (%)	0,15±0,03	-	-
C/ N	12	-	-
P ₂ O ₅ (ppm)	88±15,91	-	-
KTK (cmol(+)/kg)	17,27±0,51	-	-

Keterangan :

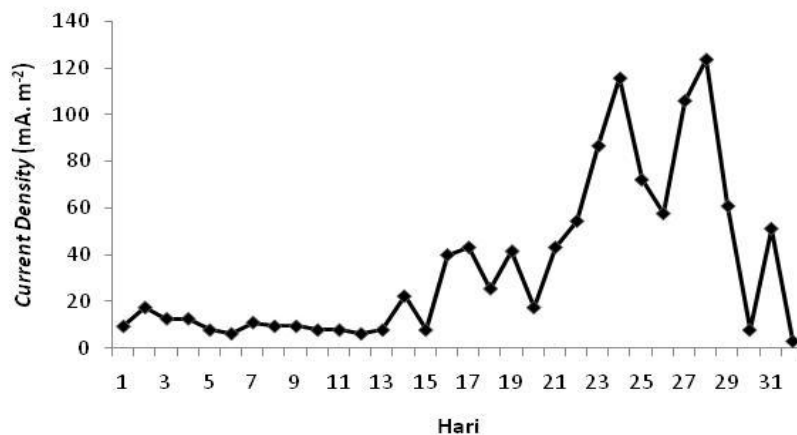
¹ Karakteristik sedimen laut Teluk Jakarta (diuji di Balai Penelitian Tanah, Bogor)

² Karakteristik sedimen Danau Ilgam, Seoul berdasarkan hasil penelitian Hong *et al.* (2008)

³ Karakteristik sedimen Danau Sihwa, Korea berdasarkan hasil penelitian Hong *et al.* (2009b)

Produksi arus Listrik pada Rangkaian SMFC Tambak Udang

Arus listrik pada rangkaian SMFC terjadi karena adanya perbedaan gradien potensial antara sedimen dan air. Perbedaan ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme pada sedimen (Tender *et al.* 2002). Produksi arus listrik yang dihasilkan merupakan hasil kegiatan dari mikroorganisme pada sedimen yang mengkonversi bahan organik menjadi energi listrik. Hasil pengukuran arus listrik menunjukkan bahwa terjadi puncak arus listrik pada hari ke-29, yaitu ~130 mA/m². Pengukuran arus listrik ini dilakukan sampai arus listrik yang dihasilkan nol yaitu pada hari ke-34. Hasil pengukuran arus listrik selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik arus listrik (*current density*) yang dihasilkan SMFC

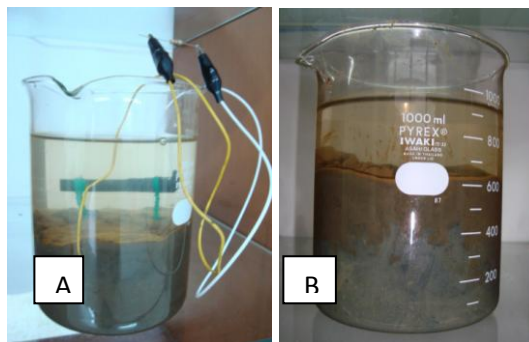
Karakterisasi Substrat SMFC

Karakterisasi substrat SMFC dilakukan ketika arus listrik yang dihasilkan mencapai nol. Hasil karakterisasi substrat SMFC yang diperoleh akan dibandingkan dengan hasil karakterisasi sedimen tambak sebelum dipasang SMFC. Hasil karakterisasi substrat SMFC dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakterisasi substrat SMFC tambak udang atau sedimen tambak udang setelah fungsionalisasi kualitas

Estrak 1:5		Terhadap contoh kering 105° C						
pH		DHL (dS/m)	Salinitas (mg/l)	Bahan Organik			P ₂ O ₅ (ppm)	KTK (cmol(+)/kg)
H ₂ O	KCl			C (%)	N (%)	C/N		
7,75	7,55	5,62	2955	1,64	0,15	11,5	44	25,57

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 3, hasil karakterisasi kandungan bahan organik pada sedimen tambak udang mengalami penurunan setelah dilakukan pemasangan rangkaian SMFC. Kandungan bahan organik sebelum dipasang rangkaian SMFC adalah karbon organik (C) 2,19%, nitrogen (N) 0,19%, dan fosfor 128 ppm. Sedangkan kandungan bahan organik pada sedimen setelah dipasang rangkaian SMFC adalah karbon organik 1,64%, nitrogen 0,15%, dan fosfor 44 ppm. Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang mengurai bahan organik dalam sedimen tersebut (Tender *et al.* 2002). Selain itu sedimen tambak udang mengalami perubahan warna dari kondisi awal sebelum dipasang SMFC berwarna hitam pekat, berubah warna menjadi coklat muda setelah dipasang SMFC. Perubahan warna sedimen tambak udang tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa SMFC dapat menjadi alternatif teknologi baru bioremediasi sedimen tambak. Logan (2008) menyatakan bahwa *Microbial fuel cell* (MFC) merupakan system bioelektrokimia yang dapat membangkitkan listrik dari oksidasi substrat organik dan anorganik dengan bantuan katalisis mikroorganisme.



Keterangan:

- A = Kondisi awal substrat SMFC, warna sedimen kehitaman
 B = Kondisi akhir substrat SMFC setelah 34 hari menghasilkan arus listrik, warna sedimen berubah menjadi coklat muda

Gambar 2. Perubahan warna sedimen tambak udang

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil karakterisasi tekstur sedimen tambak menunjukkan bahwa sedimen tambak udang di Desa Muara Ciasem Blanakan Subang tergolong jenis tanah liat. Kandungan bahan organik sebelum dipasang rangkaian SMFC adalah karbon organik (C) 2,19%, Nitrogen (N) 0,19%, dan Fosfor 128 ppm. Sedangkan kandungan bahan organik pada sedimen tambak udang setelah dipasang rangkaian SMFC adalah karbon organik 1,64%, Nitrogen 0,15%, dan Fosfor 44 ppm. Selain dapat menurunkan kandungan bahan organik, SMFC juga dapat menghasilkan arus listrik. Arus listrik yang dihasilkan SMFC dengan menggunakan resistor bernilai $560 \Omega \pm 5 \%$ mencapai puncak produksi arus listrik pada hari ke-29, yaitu $\sim 130 \text{ mA/m}^2$.

Saran

Perlu dilakukan identifikasi bakteri untuk mengetahui jenis-jenis bakteri anaerob pada anoda dalam fungsinya sebagai SMFC dan bioremediasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian (PKMP) tahun 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Aelterman P, Rabaey K, Clauwaert P, Verstraete W. 2006. Microbial fuel cells for wastewater treatment. *Water Science Technology*. 54 (8) : 9–15.
- Ahn T.A, Kroeze C, Bush S.R, Mol A.P.J. 2010. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: causes and option for control. *Journal Agriculture Water Management* (97) : 872-882.
- Bergheim & Asgard 1996. Waste production from aquaculture. *Journal Aquaculture and Water Resource Management*. (87) : 50-80.
- Avnimelech Y, Ritvo G. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Journal Aquaculture*. (220) : 549-567.
- Boyd C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Journal Aquaculture* (226) :101-112.
- Holmes DE, Bond DR, O'Neil RA, Reimers CE, Tender LM, dan Lovley DR. 2004. Microbial community associates with electrodes harvesting electricity from a variety of aquatic sediments. *Journal Microbial Ecology*. 48: 178-190.



- Hong S.W, Chang I.S, Coi Y.S, Chung T.H. 2009. Experimental evaluation of influential factors for electricity harvesting from sediment using microbial fuel cell. *Journal Bioresource Technology*. 100: 3029-3035.
- Khan F.I, Husain T, Hejazi R. 2004. An overview and analysis of site remediation technologies. *Journal Environment Management*. 71:95-122.
- Kuhn D.D, Lawrence A.L, Boardman G.D, 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*. 303:28-33.
- Liao P.B, Mayo R.D. 1974. Intensified fish culture combining water reconditioning with pollution abatement. *Journal Aquaculture*. 3:61-85.
- Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.p
- Lyles C, Boopathy R, Fontenot Q, Kilgen M. 2008. Biological treatment of shrimp aquaculture wastewater using a sequencing batch reactor. *Application Biochemical Biotechnology*. 151:474-479.
- Michel J.P, Gracia O. 2003. Ex-situ bioremediation of shrimp culture effluent Using constructed microbial mats. *Journal Aquacultural Engineering*. (28) : 131-139
- Tender, L.M., Reimers, C.E., Stecher III, H.A., Holmes, D.E., Bond, D.R., Lowy, D.A., Pilobello, K., Fertig, S.J., Lovley, D.R., 2002. *Natural Biotechnology*. 20 : 821-825.
- Thakur D.P, Lin C.K. 2002. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering*. 27: 159-176.
- Wang Y. B, Han J. Z.2007. The role of probiotic cell wall hydrophobicity in bioremediation of aquaculture. *Journal Aquaculture*. 269: 349-354.
- Yuvanatelya V. 2007. Effect of organic matter concentration on production efficiency of shrimp pond soil. *Journal Environmental and Natural Resources*. 5: 44-49.
- Zeng R.J, Yuan Z.G, Keller J, 2003. Enrichment of denitrifying glycogen-accumulating organisms in anaerobic/anoxic activated sludge system. *Biotechnology Bioengineering*. 81 (4) : 397-404.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.