

ENERGI LISTRIK DARI SEDIMEN LAUT TELUK JAKARTA MELALUI TEKNOLOGI MICROBIAL FUEL CELL

Electrical Energy from Jakarta Bay Marine Sediment Through Microbial Fuel Cell Technology

Bambang Riyanto*, Nisa Rachmania Mubarik, Fitriani Idham

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor

*Korespondensi: Jalan lingkaran Akademik, Kampus IPB Dramaga Kabupaten Bogor 16680 telp 0251 8622915
fax 0251 8622916 email: bambangriyanto_ipb@yahoo.com

Abstract

Sediment microbial fuel cell (SMFC) is one form of the microbial fuel cell (MFC) that can convert organic complex material in the sediment to generate electrons. This research was conducted to determine the characteristics of marine sediments from the Bay of Jakarta, to know the amount of electric current can be generated through SMFC, and to identify bacteria at the anode SMFC. This research was conducted in several stages which include the characterization of marine sediment samples, making SMFC circuit, electric current measurement, characterization SMFC substrate, and the isolation, characterization, and identification of bacteria. The study shows that marine sediments of Jakarta Bay have characteristics which include silty clay loam texture, organic carbon 2.19%, total nitrogen 0.19%, and phosphorus 128 ppm. The electric current generated by the SMFC using fixed value resistors $820 \Omega \pm 5\%$ reach peak production of electric currents on day 21, that is 139.51 mA/m² with SMFC substrate having organic carbon 1.88%, total nitrogen 0.15%, and phosphorus 88 ppm. Isolation of bacteria at the anode was found three types of isolates, that suspected are *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter* sp., and *Bacillus marinus*.

Keywords: electrical energy, Jakarta bay, marine sediment, sediment microbial fuel cell

Abstrak

Sediment microbial fuel cell (SMFC) merupakan salah satu bentuk dari microbial fuel cell (MFC) yang dapat mengubah bahan organik kompleks pada sedimen untuk menghasilkan elektron. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik sedimen laut yang berasal dari Teluk Jakarta, menghitung jumlah arus listrik yang dapat dihasilkan melalui SMFC, dan mengidentifikasi bakteri yang terdapat pada anoda SMFC. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi karakterisasi sampel sedimen laut, pembuatan rangkaian SMFC, pengukuran arus listrik, karakterisasi substrat SMFC, dan isolasi, karakterisasi, serta identifikasi bakteri. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa sedimen laut Teluk Jakarta memiliki bentuk tekstur silty clay loam, kandungan karbon organik sebesar 2,19%, nitrogen total 0,19%, dan fosfor 128 ppm. Arus listrik yang dihasilkan SMFC dengan menggunakan resistor tetap bernilai $820 \Omega \pm 5\%$ mencapai puncak produksi pada hari ke-21 dengan nilai sebesar 139,51 mA/m² dan keadaan substrat SMFC berupa kandungan karbon organik sebesar 1,88%, nitrogen total 0,15%, dan fosfor 88 ppm. Adapun hasil isolasi bakteri pada anoda SMFC didapatkan tiga jenis isolat, yang diduga adalah *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter* sp., dan *Bacillus marinus*.

Kata kunci : energi listrik, sedimen laut, sediment microbial fuel cell, Teluk Jakarta

PENDAHULUAN

Microbial fuel cell (MFC) dikenal sebagai teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik melalui proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui reaksi katalitik atau melalui mekanisme sistem bioelektrokimia dari mikroorganisme (Logan 2008). Berbagai mikroorganisme berperan dalam MFC, mulai dari yang bersifat aerob, anaerob fakultatif

maupun anaerob obligat (Kim *et al.* 2006). MFC mempunyai berbagai kelebihan dibandingkan dengan teknologi yang menghasilkan energi dari sumber biomassa lainnya, diantaranya memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, kondisi operasi yang lunak, tidak dibutuhkannya energi input, dan dapat diaplikasikan pada berbagai tempat yang memiliki infrastruktur listrik yang kurang (Rabaey dan Verstraete 2005). Kajian pada bidang perikanan,

MFC telah dikembangkan sebagai teknologi dalam pengolahan limbah hasil perikanan (You *et al.* 2010) dan mengurangi tingkat pencemaran lingkungan perairan (Oh *et al.* 2010).

Sediment microbial fuel cell (SMFC) merupakan salah satu model dari MFC (Hong *et al.* 2009a). SMFC memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat pada sedimen untuk mendegradasi bahan organik (Chae *et al.* 2009; Pant *et al.* 2010). Berbagai jenis sedimen telah dicobakan dalam pengembangan SMFC ini, antara lain sedimen estuaria dari dekat Pantai Raritan USA dan sedimen rawa asin dari Tuckerton USA (Reimers *et al.* 2001), sedimen Danau Ilgam Seoul (Hong *et al.* 2008), sedimen Sungai Gongji (Hong *et al.* 2009a), sedimen Danau Sihwa (Hong *et al.* 2009b), sedimen Danau Hussain Sagar Hyderabad dan sedimen Sungai Uppal Hyderabad (Mohan *et al.* 2009), serta sedimen laut Pelabuhan Boston (Holmes *et al.* 2004).

Hasil identifikasi berbagai mikroorganisme yang banyak ditemukan pada SMFC sedimen laut, diantaranya *Geobacter chapelleii*, *Desulfuromonas acetoxidans*, dan *Geothrix fermentans* (Holmes *et al.* 2004). Mikroorganisme tersebut dapat mengoksidasi bahan organik kompleks pada sedimen dan menghasilkan elektron yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik akibat beda potensial yang terjadi. Elektron tersebut mengalir dari bagian anoda ke katoda dan bereaksi dengan oksigen membentuk air pada katoda (Lovley 2006).

Bagian utama rangkaian SMFC umumnya terdiri atas anoda, katoda dan peralatan elektronik (Logan *et al.* 2006). Berbagai bahan anoda yang telah dicobakan pada MFC adalah perak (Liu dan Mattiasson 2002), *stainless steel* (Dumas *et al.* 2007), dan platina (Schroder 2007), namun SMFC umumnya menggunakan karbon sebagai bahan anoda, karena cocok untuk pertumbuhan bakteri, mudah dihubungkan dengan kabel dan harganya yang relatif murah (Logan 2008; Scott *et al.* 2008). Posisi anoda biasanya ditanam dalam sedimen, selanjutnya memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat di dalamnya.

Secara umum, sedimen laut diketahui memiliki peranan yang besar sebagai sumber bahan organik bagi berbagai kehidupan vegetasi laut (Pancost dan Boot 2004). Selain itu, sedimen laut berpotensi menghasilkan senyawa kimia baru yang memiliki berbagai aktivitas biologis (Mead *et al.* 2005). Rochelle *et al.* (1994) bahkan menyatakan bahwa sedimen laut memiliki peranan penting dalam siklus karbon dan nutrien bagi kehidupan di dunia. Berdasarkan penelitian Ryckelyck *et al.* (2005) dan Hong *et al.* (2009a), sedimen laut mengandung berbagai macam unsur bahan organik yang tinggi dan kompleks dengan kandungan mencapai 0,5-20% berat kering. Selanjutnya Mucci *et al.* (2000) melaporkan bahwa sedimen laut pada kedalaman 1 m memiliki kandungan karbon organik sebesar 4,69%, fosfor 38 ppm, dan arsenik 29 mmol/gram.

Potensi yang besar akan kandungan bahan organik pada sedimen perairan laut di Indonesia yang beriklim tropis (Baumgarta *et al.* 2010), menjadikan pengembangan SMFC laut tropis salah satu alternatif teknologi yang menjanjikan, selain itu diharapkan dengan teknologi ini permasalahan pencemaran perairan dapat juga diatasi, seperti logam berat (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, V, and As), komponen organotin compounds (OTs), tributyltin (TBT), dan monobutyltin (MBT) untuk perairan pesisir (Williams *et al.* 2000). Berbagai bentuk dan struktur geologi perairan Indonesia, keadaan oceanografi, keanekaragaman organisme, tingkat polutan, dan sebagainya yang ada pada masing-masing kawasan perairan Indonesia, memerlukan adanya kajian awal yang tepat untuk menentukan karakteristik terhadap sedimen perairan, model teknologi SMFC yang digunakan dan bentuk serta jenis mikroorganisme SMFC yang nantinya akan dikembangkan.

Tujuan dari penelitian ini ialah menentukan karakteristik sedimen laut tropis Indonesia yang berasal dari perairan Teluk Jakarta, menghitung jumlah arus listrik (dalam bentuk konversi *current density*) yang dapat dihasilkan melalui SMFC serta mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pada anoda SMFC yang berasal dari sedimen laut Teluk Jakarta.

MATERIAL DAN METODE

Bahan dan Alat

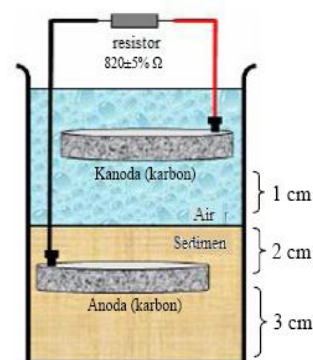
Bahan utama adalah sedimen laut dan air laut dari perairan Teluk Jakarta, yang diambil pada bulan Juni 2009. Tempat Pengambilan berjarak 200 m dari garis pantai dan kedalaman 4-5 m. Bahan untuk *treatment* elektroda pada rangkaian SMFC meliputi HCl, NaOH, akuades, dan air deionisasi. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian karakteristik sedimen laut dan substrat SMFC ialah air bebas ion, NaCl, KCl, HCl, larutan ekstraksi Olsen, karbon hitam, amonium asetat, kalium dikromat, larutan standar 5000 ppm C, etanol 96 %, pasir kuarsa bersih, dan *filter pulp*. Bahan yang digunakan untuk inokulasi bakteri dari anoda ialah media *alkaline peptone water* (APW) yang telah dimodifikasi dari Holmes *et al.* (2004). Bahan-bahan yang digunakan dalam proses isolasi, analisis secara biokimiawi, dan identifikasi bakteri ialah $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, gas murni N_2 , NaOH, media *trypticaseTM soy agar* (TSA), agar-agar murni, kristal ungu, garam fisiologis, alkohol 95%, safranin, hidrogen peroksida 3%, larutan iodium, minyak mineral, reagen VP I, reagen VP II, reagen nitrat A, reagen nitrat B, reagen TDA, dan reagen Kovac's.

Alat-alat yang digunakan meliputi peralatan untuk pengambilan sedimen dan air laut, Bausch & Lomb Spectronic 70 Electrophotometric 70, *atomic absorption spectrofotometer* (AAS), multimeter merek Masda DT830D dengan display pembacaan 4 digit dan voltase maksimum 500 V, elektroda karbon grafit (berbentuk silinder dengan dimensi 39 x 7 mm), resistor 820 $\Omega \pm 5\%$, dan kabel, *Oxidase Test Strip*, mikroskop, dan kit *GN-ID Identification (MicrogenTM)*.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan meliputi karakterisasi sampel sedimen laut Teluk Jakarta yang mengacu pada penelitian Hong *et al.* (2010), pembuatan rangkaian SMFC yang mengacu pada penelitian Holmes *et al.* (2004), pengukuran arus listrik dengan multimeter selama 40 hari, karakterisasi substrat SMFC (Hong *et al.* 2010), dan isolasi, karakterisasi, serta identifikasi bakteri (Harley dan Prescott 2002).

Karakterisasi sedimen laut yang berasal dari Teluk Jakarta yang dilakukan meliputi analisis kandungan karbon organik, nitrogen, dan fosfat, pengukuran pH, daya hantar listrik (DHL), salinitas, serta kapasitas tukar kation (KTK). Kegiatan pembuatan rangkaian SMFC mengacu pada penelitian Holmes *et al.* (2004) menggunakan elektroda yang terbuat dari karbon grafit berbentuk silinder dengan dimensi 39 x 7 mm dan resistor berukuran 820 $\Omega \pm 5\%$ (Gambar 1).



Gambar 1 Model rangkaian listrik SMFC (*sediment microbial fuel cell*) yang digunakan dalam penelitian yang mengacu pada penelitian Holmes *et al.* 2004.

SMFC dioperasikan pada kondisi gelap (tanpa pencahayaan) dan suhu ruang ($\pm 27^\circ C$). Pengukuran arus listrik dilakukan menggunakan multimeter dan hasilnya dikonversi menjadi *current density*, dengan lama pengukuran yang didasarkan pada pola kecenderungan perubahan arus listrik oleh kandungan organik pada sedimen dan mikroorganisme (Holmes *et al.* 2004). Bakteri pada anoda kemudian diisolasi dengan metode cawan tuang dan cawan gores, tahapan ini kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi isolat bakteri yang diperoleh dengan cara melihat sifat morfologi dan fisiologinya (Harley dan Prescott 2002). Sifat morfologi yang diamati meliputi morfologi koloni dan morfologi sel yang terdiri atas bentuk sel, pewarnaan Gram, endospora, dan motilitas. Sifat fisiologi yang diamati meliputi katalase dan oksidase. Tahapan akhir dari penelitian ini ialah identifikasi bakteri menggunakan *GN-ID Identification* yang hasilnya diolah dengan *Software Microbact 2000*. Proses identifikasi juga dilakukan dengan *Bergey's*

Manual of Determinative Bacteriology 9th Ed karangan Holt *et al.* (1994) dan referensi hasil penelitian Ruger *et al.* (2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Sedimen Laut Teluk Jakarta

Sedimen laut Teluk Jakarta merupakan tanah lumpur bewarna hijau yang terdiri atas pasir 20%, debu 49%, dan liat 31%. Sedimen laut ini memiliki tekstur tanah lempung liat berpasir. Kandungan bahan organik sedimen tersebut meliputi karbon organik $2,19 \pm 0,44\%$, nitrogen $0,19 \pm 0,06\%$, sehingga ratio C/N ialah 12, kandungan P yang tersedia ialah $128 \pm 4,95$ ppm, pH (H_2O) $7,7 \pm 0,35$, daya hantar listrik (DHL) $6,39 \pm 1,46$ dS/m, salinitas 3405 ± 841 mg/L, dan kapasitas tukar kation (KTK) $18,46 \pm 1,24$ cmol(+)/kg (Tabel 1).

Karbon organik merupakan unsur utama bahan organik. Kandungan karbon organik pada ekosistem terbuka, seperti sedimen laut Teluk Jakarta dan sungai (Hong *et al.* 2010) umumnya relatif lebih rendah dibandingkan pada ekosistem tertutup, seperti danau (Hong *et al.* 2008; Hong *et al.* 2009b), hal ini dikarenakan, akumulasi bahan

organik yang sangat dipengaruhi oleh jumlah materi organik yang masuk, laju pengendapan pada sedimen, dan kecepatan degradasi bahan organik (Killops dan Killops 2005). Adanya perbedaan karakteristik substrat dan jumlah bahan organik diduga akan berdampak pada kinerja SMFC yang ada (Chauduri dan Lovley 2003).

Produksi Arus pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC)

Jumlah arus listrik yang dihasilkan pada hari pertama pengukuran ialah sebesar $89,28$ mA/m², kemudian menurun secara drastis pada hari kedua menjadi $19,53$ mA/m², selanjutnya meningkat dan mencapai puncak pada hari ke-21, yaitu sebesar $139,51$ mA/m² (Gambar 2). Tingginya arus listrik yang dihasilkan pada hari pertama, 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 di sekitar anoda berkurang.

Tabel 1 Karakteristik sedimen laut Teluk Jakarta dibandingkan data lainnya

Parameter Uji	Hasil Penelitian ¹	Hong <i>et al.</i> (2010) ²	Hong <i>et al.</i> (2008) ³	Hong <i>et al.</i> (2009b) ⁴
Tekstur				
Pasir (%)	20	11,5	-	-
Debu (%)	49	85,1	-	-
Liat (%)	31	3,4	-	-
pH: H O				
KCl ²	$7,7 \pm 0,35$	$6,61 \pm 0,03$	7,5	-
DHL (dS/ m)	$7,3 \pm 0,14$	-	-	-
Salinitas (mg/ l)	$6,4 \pm 1,46$	$0,473 \pm 0,008$	-	-
	3405 ± 841	-	-	-
Bahan Organik (dalam contoh kering 105 °C):				
C (%)	$2,19 \pm 0,44$	$1,7 \pm 0,2$	$3,52 \pm 0,38$	6,4
N (%)	$0,19 \pm 0,06$	-	-	-
C/ N	12	-	-	-
P O (ppm)	$128 \pm 4,95$	-	-	-
KTK (cmol(+)/kg)	$18,46 \pm 1,24$	$9,45 \pm 0,18$	-	-

Keterangan :

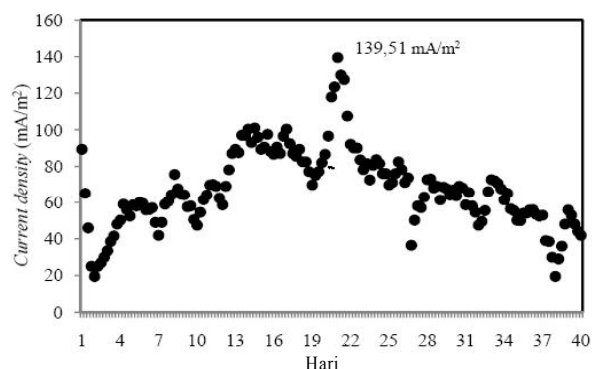
¹ Karakteristik sedimen laut Teluk Jakarta (diuji di Balai Penelitian Tanah, Bogor)

² Karakteristik sedimen Sungai Gongji, Korea berdasarkan hasil penelitian Hong *et al.* (2010)

³ Karakteristik sedimen Danau Ilgam, Seoul berdasarkan hasil penelitian Hong *et al.* (2008)

⁴ Karakteristik sedimen Danau Sihwa, Korea berdasarkan hasil penelitian Hong *et al.* (2009b)

Transfer massa pada pembentukan sedimen menjadi faktor pembatas dalam produksi energi menggunakan SMFC ini (Reimers *et al.* 2001). Kinerja SMFC dipengaruhi oleh kecepatan degradasi substrat, kecepatan transfer elektron dari bakteri ke anoda, transfer proton dalam larutan (Liu *et al.* 2005), aktivitas mikroorganisme, dan substrat yang digunakan (Chauduri dan Lovley 2003), selain itu, jenis bahan dan struktur anoda berdampak pada penempelan mikroorganisme, transfer elektron, dan pada beberapa kasus, oksidasi substrat (Watanabe 2008).



Gambar 2 Produksi arus listrik SMFC

Berdasarkan kondisi yang ada, produksi arus listrik yang dihasilkan termasuk tinggi, hal ini diduga disebabkan dari sumber sedimen yang digunakan, yaitu sedimen laut. Hong *et al.* (2010) dalam penelitiannya menggunakan sedimen sungai sebagai substrat SMFC melaporkan bahwa arus listrik maksimal yang dihasilkan adalah 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. Selanjutnya Lowy *et al.* (2006) mencatat bahwa perairan laut memiliki konduktivitas listrik sebesar 50,000 S/cm dibandingkan perairan tawar, yaitu sebesar 500 S/cm. Chae *et al.* (2009) melaporkan bahwa tingginya arus listrik yang dihasilkan diduga juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik substrat dan jumlah bahan organik yang terdapat pada sedimen serta jenis mikroorganisme dominan dalam SMFC, hal ini diperkuat juga oleh Holmes *et al.* (2004) yang mencatat bahwa sedimen perairan tawar didominasi oleh bakteri dari famili *Geobacteraceae*, sedangkan sedimen laut oleh bakteri *Desulfobulbaceae*.

Karakterisasi Substrat SMFC

Substrat sedimen SMFC secara visual mengalami perubahan warna, yaitu dari hijau kehitaman menjadi coklat muda. Warna hitam umumnya diduga mengindikasikan jumlah bahan organik pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen yang berwarna coklat (Voroney 2007). Jumlah bahan organik pada sedimen mengalami penurunan setelah digunakan sebagai substrat SMFC. Perubahan kandungan bahan organik, meliputi penurunan kadar karbon, nitrogen, dan fosfor (Tabel 2) serta peningkatan nilai pH, hal ini menunjukkan kecepatan transfer proton (H⁺) dari sedimen ke air laut lebih cepat dibandingkan pembentukan proton pada sedimen.

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri pada SMFC

Hasil isolasi pada media APW (*alkaline peptone water*) padat diperoleh 3 (tiga) koloni bakteri yang dapat hidup selama proses isolasi (dapat dikulturkan), yaitu isolat *m2*, *m5*, dan *m6* (Tabel 3). Hasil karakterisasi ketiga isolat dengan menggunakan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th Ed* (Holt *et al.* 1994) diperoleh bahwa bakteri isolat *m2* diduga termasuk dalam kategori bakteri Grup 5, yaitu bakteri Gram negatif berbentuk batang yang bersifat fakultatif anaerobik dan diduga termasuk dalam genus bakteri *Aeromonas* sp. Isolat *m5* diduga termasuk dalam kategori bakteri Grup 4, yaitu bakteri Gram negatif berbentuk batang dan kokus yang dapat tumbuh pada kondisi aerob dan beberapa anggotanya bersifat mikroaerofilik dan diduga termasuk dalam genus bakteri *Acinetobacter* sp., sedangkan isolat *m6* diduga termasuk dalam kategori bakteri Grup 18, yaitu bakteri endospora Gram positif berbentuk batang dan diduga termasuk dalam genus bakteri *Bacillus* sp.

Identifikasi dengan menggunakan *GN-ID Identification* memperlihatkan bahwa untuk isolat *m2*, nilai positif diperoleh pada hasil uji oksidase, nitrat, H₂S, glukosa, ONPG, indol, sitrat, TDA, gelatin, malonat, sorbitol, dan sukrosa. *Data base software* Microbact 2000 memperlihatkan bahwa pada isolat *m2* dapat dinyatakan sebagai bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan presentase sebesar 97,45%, selanjutnya untuk isolat *m5*

Tabel 2 Karakteristik substrat SMFC dari sedimen laut Teluk Jakarta

Parameter Uji	Hasil Penelitian ¹	Hong <i>et al.</i> (2008) ²	Hong <i>et al.</i> (2009b) 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	2,37±0,23	4,20
N (%)	0,15±0,03	-	-
C/N	12	-	-
P ₂ O ₅ (ppm)	88±5,91	-	-
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)Tabel 3 Hasil identifikasi morfologi dan fisiologi isolat *m2*, *m5*, dan *m6*

Sifat Isolat	Koloni yang Hidup		
	<i>m2</i>	<i>m5</i>	<i>m6</i>
Morfologi Koloni			
Bentuk atas	Bulat	Titik	Bulat
Bentuk tepian	Halus	Halus	Halus
Bentuk elevasi	Timbul	Timbul	Timbul
Warna koloni	Kuning	Putih	Putih
Ukuran	1-2 mm	1-2 mm	>2 mm
Morfologi Sel			
Bentuk sel	Batang	Kokus	Batang
Gram	Negatif	Negatif	Positif
Endospora	(-)	(-)	(+)
Motilitas	(+)	(-)	(+)
Sifat Fisiologis			
Katalase	(-)	(+)	(+)
Oksidase	(+)	(-)	(+)

memperlihatkan bahwa nilai positif diperoleh pada hasil uji katalase, H₂S, glukosa, indole, sitrat, TDA, gelatin, malonat, dan arginin, hasil uji tersebut masih belum mencukupi data untuk memberikan dugaan terhadap spesies yang ada, sehingga masih diperlukan uji lanjut yang lebih memadai. Isolat *m6* memperlihatkan bahwa hasil pengujian bernilai positif pada uji oksidase, katalase, nitrat, glukosa, manitol, ONPG, urease, V-P, sitrat, TDA, gelatin, malonat, sorbitol, salisin, dan arginin, hasil uji ini juga masih belum mencukupi data untuk memberikan dugaan terhadap spesies yang ada, namun dengan menggunakan telaah yang terdapat dalam *Bergey's Manual of Determinative*

Bacteriology, 9th Ed (Holt *et al.* 1994) dan hasil penelitian Rürger *et al.* (2000), dugaan isolat *m6* mirip dengan *Bacillus marinus*, DSM 1297^T.

KESIMPULAN

Sediment microbial fuel cell (SMFC) Teluk Jakarta dapat menghasilkan arus listrik. Timbulnya arus listrik tersebut dihasilkan dari bakteri pada anoda SMFC dengan ciri-ciri yang diduga mendekati antara lain spesies *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter* sp., dan *Bacillus marinus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Baumgart A, Jennerjahn T, Mohtadi M, Hebbeln D. 2010. Distribution and burial of organic carbon in sediments from the Indian Ocean upwelling region of Java and Sumatra, Indonesia. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 57 (3): 458-467.
- Chae KJ, Choi MJ, Lee JW, Kim KY, Kim IS. 2009. Effect of different substrates on the performance, bacterial diversity, and bacterial viability in microbial fuel cells. *Bioresour Technol* 100 (14):3518-3525.
- Chaudhuri SK, Lovley DR. 2003. Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cell. *Nature Biotechnology* 21:1229-1232.
- Dumas C, Mollica A, Feron D, Baseguy R, Etcheverry L, Bergel A. 2007. Marine microbial fuel cell : use of stainless steel electrodes as anode and cathode materials. *Electrochimica Acta* 53 (2):468-473.
- Harley JP, Prescott LM. 2002. *Laboratory Exercises in*

- Microbiology 5th Ed.* McGraw-Hill College. 449 p.
- 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. *Microbial Ecology* 48 (2):178-190.
- Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT, Williams ST. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Ed.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 787 p.
- Hong SW, Kim HJ, Choi YS, Chung TH. 2008. Field experiments on bioelectricity production from lake sediment using microbial fuel cell technology. *Bulletin of Korean Chemical Society* 29(11):2189-2194.
- Hong SW, Chang IS, Choi YS, Chung TH. 2009a. Experimental evaluation of influential factors for electricity harvesting from sediment microbial fuel cell. *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 technology. *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. *Environmental Pollution* 158(1):185-191.
- Killops SD, Killops VJ. 2005. *An Introduction to Organic Geochemistry 2nd Edition.* Malden: Wiley-Blackwell. 408 p.
- Kim GT, Webster G, Wimpenny JWT, Kim BH, Kim HJ, Weightman AJ. 2006. Bacterial community structure, compartmentalization and activity in a microbial fuel cell. *Journal of Applied Microbiology* 101(3):698-710.
- 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. *Environmental Science and Technology* 39(14):5488-5493.
- Liu J, Mattiasson B. 2002. Microbial BOD sensors for wastewater analysis. *Water Research* 36(15):3786-3802.
- Logan BE, Hamelers B, Rozendal R, Schroder U, Keller J, Freguia S, Aelterman P, Verstraete W, Rabaey K. 2006. Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environmental Science and Technology* 40:5181-5192.
- Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cell.* New Jersey : John Wiley & Sons. 216 p.
- Lovley DR. 2006. Bug Juice : Harvesting electricity with microorganisms. *Journal of Nature Reviews Microbiology* 4(7):497-508.
- Lowy DA, Tender LM, Zeikus JG, Park DH, Lovley DR. 2006. Harvesting energy from the marine sediment-water interface II: kinetic activity of anode materials. *Biosensors and Bioelectronics* 21 (11):2058-2063.
- Mead R, Xu Y, Chong J, Jaffé R. 2005. Sediment and soil previous term organic matter source assessment as revealed by the molecular distribution and carbon isotopic composition of n-alkanes. *Organic Geochemistry* 36(3):363-370.
- Mohan SV, Srikanth S, Raghuvulu SV, Mohankrishna G, Kumar AK, Sarma PN. 2009. Evaluation of the potential of various aquatic eco-systems in harnessing bioelectricity through benthic fuel cell: Effect of electrode assembly and water characteristics. *Bioresource Technology* 100(7):2240-2246.
- Mucci A, Richard LF, Lucotte M, Guignard C. 2000. The differential geochemical behavior of arsenic and phosphorus in the water column and sediments of the saguenay Fjord Estuary, Canada. *Aquatic Geochemistry* 6(3):293-324.
- Oh ST, Kim JR, Premier GC, Lee TH, Kim C, Sloan WT. 2010. Sustainable wastewater treatment: how might microbial fuel cells contribute. *Biotechnology Advances* 28(6):871-881.
- Pancost RD, Boot CS. 2004. The palaeoclimatic utility of terrestrial biomarkers in marine sediments. *Marine Chemistry* 92(1):239-261.
- Pant D, Bogaert GV, Diels L, Vanbroekhoven K. 2010. A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology* 101(6):1533-1543.
- Rabaey K, Verstraete W. 2005. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *Trends in Biotechnology* 23(6):291-298.
- Reimers CE, Tender LM, Fertig S, Wong W. 2001. Harvesting energy from the marine sediment-water interface. *Environmental Science and Technology* 35(1):192-195.
- Rochelle PA, Cragg BA, Fry JC, Parkes RJ, Weightman AJ. 1994. Effect of sample handling on estimation of bacterial diversity in marine sediments by 16S rRNA gene sequence analysis. *FEMS Microbiology Ecology* 15(1-2):215-225.
- Rüger HJ, Fritze D, Spoer C. 2000. New psychrophilic and psychrotolerant *Bacillus marinus* strains from tropical and polar deep-sea sediments and emended description of the species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50(3):1305-1313.
- Ryckelyck N, Stecher III HA, Reimers CE. 2005. Understanding the anodic mechanism of a seafloor fuel cell: interactions between geochemistry and microbial activity. *Biogeochemistry* 76(1):113-139.
- Schroder U. 2007. Anodic electron transfer mechanisms in microbial fuel cells and their energy efficiency. *Physical Chemistry Chemical Physics* 9(21):2619-2629.
- Scott K, Cotlarciuc I, Head I, Katuri KP, Hall D, Lakeman JB, Browning D. 2008. Fuel cell power

- generation from marine sediments : investigation of cathode materials. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 83(9):1244-1254.
- Voroney RP. 2007. The Soil Habitat. Di dalam: Paul EA (editor). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*. Chennai: Elviesier Inc. 552 p.
- Watanabe K. 2008. Recent developments in microbial fuel cell technologies for sustainable bioenergy. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 106(6):528-536.
- Williams TM, Reesa JG, Setiapermana D. 2000. Metals and trace organic compounds in sediments and waters of jakarta bay and the pulau seribu complex, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 40(3):277-285.
- You SJ, Zhang JN, Yuan YX, Rena NQ, Wanga XH. 2010. Development of microbial fuel cell with anoxic/oxic design for treatment of saline seafood wastewater and biological electricity generation. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 85(8):1077-1083.