



## PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

### ENERGI LISTRIK DENGAN TEKNOLOGI *SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL* DI PERAIRAN TELUK LAUT JAKARTA

#### BIDANG KEGIATAN PKM-AI

Oleh :

Cecep Jakaria	C34080071	(2008)
Yayan Firmansyah	C34062363	(2006)
Rizky Chairunisah	C34070037	(2007)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2011

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.





## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya yang berjudul ” **Energi Listrik Dengan Teknologi *Sediment Microbial Fuel Cell* Di Perairan Teluk Laut Jakarta**” 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, 8 Maret 2011

Dosen Pendamping

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

(Cecep Jakaria )  
NIM. C34080071

- 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.



## ENERGI LISTRIK DENGAN TEKNOLOGI *SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL* DI PERAIRAN LAUT TELUK JAKARTA

Cecep Jakaria, Yayan Firmansyah, Rizky Chairunisah  
Departemen Teknologi Hasil Perairan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

### ABSTRAK

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

*Kata kunci: energi listrik, sedimen laut, sediment microbial fuel cell.*

### ABSTRACT

*Sediment microbial fuel cell (SMFC) is one form of the biological fuel cells and derivation of the microbial fuel cell (MFC) that can convert organic complex material in the sediment and 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 MFC, and to isolate and identify bacteria at the anode MFC. This research was conducted in several stages which include the characterization of marine sediment samples, making MFC circuit, electric current measurement, characterization MFC substrate, and the isolation, characterization, and identification of bacteria. Sea 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 MFC using fixed value resistors  $820 \Omega \pm 5\%$  reach peak production of electric currents on day 21, that is 139,51 mA/m<sup>2</sup> with MFC 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: electric energy, sediment microbial fuel cell, marine sediment.*

## 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 biomasa 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 & Verstraete 2005). Kajian pada bidang perikanan, MFC telah dikembangkan sebagai teknologi dalam pengolahan limbah hasil perikanan (You 2010) dan mengurangi tingkat pencemaran lingkungan perairan (Oh *et al.* 2010).

*Sediment microbial fuel cell* (SMFC) merupakan salah satu model dari MFC (Hong 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 anoda SMFC pada sedimen laut, diantaranya meliputi *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 & 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 didalamnya.

Secara umum, sedimen laut diketahui memiliki peranan yang besar sebagai sumber bahan organik bagi berbagai kehidupan vegetasi laut (Pancost & 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 nutrisi 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 meter 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 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), monobutyltin (MBT) untuk perairan pesisir (Williams 2000). Namun permasalahan laut di Indonesia demikian luas dan kompleks, sehingga perlu adanya berbagai kajian awal yang tepat untuk menentukan karakteristik terhadap sedimen perairan yang ada, model teknologi MFC yang digunakan dan bentuk serta jenis mikroorganisme SMFC yang akan dikembangkan.

## TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini ialah: (1) mengetahui karakteristik sedimen laut tropis Indonesia yang berasal dari perairan Teluk Jakarta, (2) mengetahui jumlah arus listrik (dalam bentuk konversi *current density*) yang dapat dihasilkan melalui SMFC yang berasal dari sedimen laut Teluk Jakarta, (3) mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pada anoda SMFC yang berasal dari sedimen laut Teluk Jakarta.

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2009 sampai Januari 2010 di Laboratorium Biokimia Hasil Perairan, Laboratorium Karakteristik Bahan Baku Hasil Perairan, Departemen THP FPIK, Laboratorium Mikrobiologi Departemen Biologi FMIPA, dan Balai Penelitian Tanah.

Alat-alat yang digunakan meliputi peralatan untuk pengambilan sedimen dan air laut yang terdiri atas botol, tali, dan Ekman grab. Alat-alat yang digunakan untuk uji karakteristik sedimen laut dan substrat SMFC ialah pengayak tanah, neraca analitik, pH meter, Bausch & Lomb Spectronic 70 Electrophotometric 70, *shaker*, erlenmeyer, labu ukur, koduktometer dengan sel platina, kertas saring, tabung perkolasi, flamefotometer, dan *atomic absorption spectrofotometer* (AAS). Peralatan yang digunakan dalam pembuatan rangkaian SMFC seperti gelas piala 1000 ml, 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. Alat-alat yang digunakan untuk mengisolasi, pengujian biokimiawi, dan identifikasi bakteri ialah botol bersumbat karet, jarum ose, *syringe*, *hot plate*, *jar anaerobik*, autoklaf, *Oxidase Test Strip*, mikroskop, kit *GN-ID Identification (Microgent<sup>TM</sup>)*, tabel warna, pipet mikro, vortex, dan erlenmeyer.

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<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, gas murni N<sub>2</sub>, NaOH, media *trypticase™ 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.

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan yang 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 & 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 Ω ± 5 % (Gambar 1). SMFC dioperasikan pada kondisi gelap (tanpa pencahayaan) dan suhu ruang (± 27 °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 & 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 ger *et al.* (2000).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Sedimen Laut Teluk Jakarta

Sedimen laut Teluk Jakarta berupa 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±0,44 %, nitrogen 0,19±0,06 % sehingga ratio C/N ialah sebesar 12, kandungan P yang tersedia ialah 128±4,95 ppm,

pH (H<sub>2</sub>O) 7,7±0,35, daya hantar listrik (DHL) 7,42 dS/m, salinitas 3405±84 mg/l, dan kapasitas tukar kation (KTK) 18,46±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) 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 & Killops 1993). Adanya perbedaan karakteristik substrat dan jumlah bahan organik diduga akan berdampak pada kinerja SMFC yang ada (Chauduri & Lovley 2003).

Salinitas perairan juga mempengaruhi kinerja SMFC. Hong *et al.* (2010) yang dalam penelitian menggunakan sedimen sungai sebagai substrat SMFC, melaporkan arus listrik maksimal yang dihasilkan sebesar 20,2 mA/m<sup>2</sup>, sedangkan penelitian Holmes *et al.* (2004) yang menggunakan sedimen laut sebagai substratnya, menghasilkan arus listrik maksimal sebesar 30 mA/m<sup>2</sup>. Menurut Lowy *et al.* (2006), air laut memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, yaitu sebesar ~50.000 S/cm, dibandingkan perairan tawar, yaitu sebesar ~500 S/cm. Selain itu, jenis sedimen juga berpengaruh terhadap mikroorganisme dominan dalam SMFC. Sedimen perairan tawar didominasi oleh bakteri dari famili *Geobacteraceae*, sedangkan sedimen laut oleh bakteri *Desulfobulbaceae* (Holmes *et al.* 2004).

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

Jumlah arus listrik yang dihasilkan pada hari pertama pengukuran ialah sebesar 89,28 mA/m<sup>2</sup>, kemudian menurun secara drastis pada hari kedua menjadi 19,53 mA/m<sup>2</sup>, selanjutnya meningkat dan mencapai puncak pada hari ke-21, yaitu sebesar 139,51 mA/m<sup>2</sup> (Gambar 1). 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 disekitar anoda berkurang.

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 & Lovley 2003). Selain itu, jenis bahan dan struktur anoda berdampak pada penempelan mikroorganisme, transfer elektron, dan pada beberapa kasus, oksidasi substrat (Watanabe 2008).

### Karakterisasi Substrat SMFC

Gradien reduksi oksidasi (redoks) secara alami terjadi antara air laut yang kaya akan oksidan dan sedimen yang kaya akan reduktan. Hal ini disebabkan oleh



aktivitas mikroorganisme pada sedimen laut, sehingga reaksi yang terjadi pada SMFC ialah oksidasi bahan organik dan reduksi anoda oleh mikroorganisme yang hidup pada anoda.

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). Selain itu juga terjadi 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 ialah *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th Ed* (Holt et al. 1994), bakteri isolat m2 diduga masuk dalam kategori bakteri Grup 5, bakteri batang Gram negatif yang bersifat fakultatif anaerobik dan diduga termasuk dalam genus bakteri *Aeromonas* sp. Isolat m5 diduga masuk dalam kategori bakteri Grup 4, 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. Isolat m6 diduga masuk dalam kategori bakteri Grup 18, bakteri endospora Gram positif berbentuk batang dan diduga termasuk dalam genus bakteri *Bacillus* sp.

Sifat fisiologi isolat m2 dari hasil uji dengan kit *Microgentm* dan pengujian secara manual bernilai positif pada hasil uji oksidase, nitrat,  $H_2S$ , glukosa, ONPG, indol, sitrat, TDA, gelatin, malonat, sorbitol, dan sukrosa. Hasil yang didapat dalam *data base software* Microbact 2000 memberikan hasil data yaitu isolat m2 dinyatakan sebagai bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan presentase sebesar 97,45%. Isolat m6 dari hasil pengujian bernilai positif pada hasil uji oksidase, katalase, nitrat, glukosa, manitol, ONPG, urease, V-P, sitrat, TDA, gelatin, malonat, sorbitol, salisin, dan arginin. Hasil identifikasi isolat m6 menggunakan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan telaah berdasarkan ciri-ciri fisiologis bakteri diduga isolat ini mirip dengan *Bacillus marinus*, DSM 1297T.

### KESIMPULAN

Sedimen Laut Teluk Jakarta memiliki karakteristik yang meliputi tekstur tanah lempung liat berpasir, karbon organik sebesar 2,19 %, nitrogen total 0,19 %, dan fosfor tersedia 128 ppm. Penggunaan SMFC menyebabkan perubahan pada karakteristik sedimen laut (substrat SMFC) diantaranya terjadi peningkatan nilai pH, DHL, dan salinitas, serta penurunan kandungan bahan organik. Substrat



SMFC memiliki kandungan karbon organik sebesar 1,88 %, nitrogen total 0,15 %, dan fosfor tersedia 88 ppm.

Arus listrik yang dihasilkan oleh *sediment microbial fuel cell* (SMFC) dengan resistor tetap bernilai  $820 \Omega \pm 5 \%$  selama 40 hari pengukuran mencapai puncak produksi arus listrik pada hari ke-21, yaitu 139,51 mA/m<sup>2</sup>.

Bakteri yang dapat dikulturkan dari anoda SMFC diperoleh 3 isolat bakteri, yaitu isolat m2, m5, dan m6. Hasil identifikasi bakteri berdasarkan uji morfologi, fisiologi, dan kit *Microgentm GNB 12 A dan B* menunjukkan bahwa isolat m2 diduga memiliki ciri-ciri mendekati *Aeromonas hydrophila*, isolat m5 mirip *Acinetobacter* sp., dan isolat m6 mirip *Bacillus marinus*.

Analisis jenis bakteri terutama yang tidak dapat dikulturkan yang terlibat dalam degradasi bahan organik pada sedimen sekitar anoda oleh mikroorganisme menggunakan gen 16 sRNA perlu dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baumgarta A, Jennerjahna, M Mohtadib, D Hebbeln. 2010. Distribution and burial of organic carbon in sediments from the Indian Ocean upwelling region off Java and Sumatra, Indonesia. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 57 (3) : 458-467.
- Chadhuri SK, Lovley DR. 2003. Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cell. *Nat. Biotechnol* 21: 1229-1232.
- Chae KJ, MJ Choi, JW Lee, KY Kim, IS Kim. 2009. Effect of different substrates on the performance, bacterial diversity, and bacterial viability in microbial fuel cells. *Bioresource Technology* 100 : 3518–3525.
- Dumas C, Mollica A, Feron D, Basesguy R, Etcheverry L, Bergel A. 2007. Marine microbial fuel cell : use of stainless steel electrodes as anode and cathode materials. *Electrochim Acta* 53:468-473.
- Harley JP, Prescott LM. 2002. *Laboratory Exercises in Microbiology 5th Ed.* McGraw-Hill Companies.
- 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. *Microb. Ecol.* 48: 178-190.
- Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT, Williams ST. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Ed.* Philadelphia: Wolters Kluwer Company.
- Hong SW, Kim HJ, Choi YS, Chung TH. 2008. Field experiments on bioelectricity production from lake sediment using microbial fuel cell technology. *Bull Korean Chem Soc* 29: 2189-2194.
- Hong SW, Chang IS, Choi YS, Chung TH. 2009a. Experimental evaluation of influential factors for electricity harvesting from sediment microbial fuel cell. *Biores Technol* 100: 3029-3035.

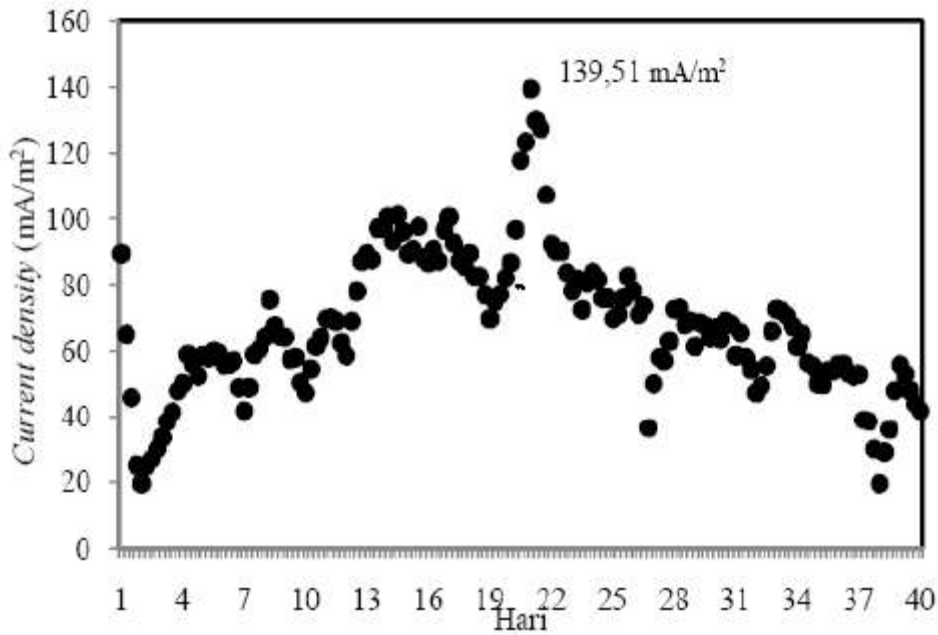


- Hong SW, Choi YS, Chung TH, Song JH, Kim HS. 2009b. Assessment of sediment remediation potential using microbial fuel cell technology. *Eng Technol* 54: 683-689.
- Hong SW, Kim HS, Chung TH. 2010. Alteration of sediment organic matter in sediment microbial fuel cells. *Environ. Pollut.* : 158 (1) : 185-191.
- Killops SD, Killops VJ. 1993. *An Introduction to Organic Geochemistry*. London: Longman Scientific & Technical.
- Kim GT, Webster G, Wimpenny JWT, Kim BH, Kim HJ, Weightman AJ. 2006. Bacterial community structure, compartmentalization and activity in a microbial fuel cell. *J. Appl. Microbiol.* 101: 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. *Environ. Sci. Technol.* 39: 5488-5493.
- Liu J, Mattiasson B. 2002. Microbial BOD sensors for wastewater analysis. *Water Res.* 36 : 3786-3802.
- Logan BE, B Hamelers, R Rozendal, U Schroder, J Keller, S Freguia, P Aelterman, W Verstraete, K Rabaey. 2006. Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environmental Science & Technology* 40:5181-5192.
- Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey : John Wiley & Sons Ltd.
- Lovley DR. 2006. Bug Juice: Harvesting electricity with microorganisms. *J. Nat. Rev. Microb* 4:497-508.
- 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. *Biosensor Bioelectronics* 21:2058-2063.
- Mead R, Y Xu, J Chong, R Jaffé. 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. *Biores Technol* 100: 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 Geochem* 6:293-324.
- Oh ST, JR Kim, GC Premier, TH Lee, C Kim, WT Sloan. 2010. Sustainable wastewater treatment: how might microbial fuel cells contribute. *Artikel in press*.
- Pant D, GV Bogaert, L Diels, K Vanbroekhoven. 2010. A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology* 101 : 1533–1543.



- Pancost RD, CS Boot. 2004. The palaeoclimatic utility of terrestrial biomarkers in marine sediments. *Marine Chemistry* 92 (1-4) : 239-261.
- Rabaey K, Verstraete W. 2005. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *Trends Biotechnol* 23: 291-298.
- Reimers CE, Tender LM, Fertig S, Wong W. 2001. Harvesting energy from the marine sediment-water interface. *Environ Sci Technol* 35:192-195.
- 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. *J FEMS Microbiol Ecol* 15: 215–226.
- 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. *Inter. J. Syst. Evol. Microbiol* 50 : 1305-1313.
- Ryckelyck N, Stecher III HA, dan Reimers CE. 2005. Understanding the anodic mechanism of a seafloor fuel cell: interactions between geochemistry and microbial activity. *Biogeochem* 76: 113-139.
- Schroder U. 2007. Anodic electron transfer mechanisms in microbial fuel cells and their energy efficiency. *Phys. Chem.* 9 : 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. *J. Chem. Technol. Biotechnol* 83 : 1244-1254.
- Voroney RP. 2007. The Soil Habitat. Di dalam: Paul EA (editor). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*. Chennai: Elvesir Inc.
- Watanabe K. 2008. Recent developments in microbial fuel cell technologies for sustainable bioenergy. *J. Biosci. Bioeng.* 106: 528-536.
- Williams TM, JG Reesa, D Setiapermana. 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, JN Zhang, YX Yuan, NQ Rena, XH Wanga. 2010. Development of microbial fuel cell with anoxic/oxic design for treatment of saline seafood wastewater and biological electricity generation. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 85: 1077–1083.

LAMPIRAN



Gambar 1. Produksi arus listrik SMFC

Tabel 1. Karakteristik sedimen laut Teluk Jakarta dibandingkan data lainnya

Parameter Uji	Hasil Penelitian <sup>1</sup>	Hong <i>et al.</i> (2009c) <sup>2</sup>	Hong <i>et al.</i> (2008) <sup>3</sup>	Hong <i>et al.</i> (2009b) <sup>4</sup>
Tekstur				
Pasir (%)	20	11,5	-	-
Debu (%)	49	85,1	-	-
Liat (%)	31	3,4	-	-
pH:				
H <sub>2</sub> O	7,7±0,35	6,61±0,03	7,5	-
KCl	7,3±0,14	-	-	-
DHL (dS/ m)	6,39±1,46	0,473±0,008	-	-
Salinitas (mg/ l)	3405±841	-	-	-
Bahan Organik (dalam contoh kering 105 °C):				
C (%)	2,19±0,44	1,7±0,2	3,52 ± 0,38	6,4
N (%)	0,19±0,06	-	-	-
C/ N	12	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	128±4,95	-	-	-
KTK (cmol(+)/kg)	18,46±1,24	9,45±0,18	-	-

Keterangan :

<sup>1</sup> Karakteristik sedimen laut Teluk Jakarta berdasarkan hasil penelitian ini (diuji di Balai Penelitian Tanah, Bogor)

<sup>2</sup> Karakteristik sedimen Sungai Gongji, Korea berdasarkan hasil penelitian Hong *et al.* (2009c)

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.

Tabel 2. Karakteristik substrat SMFC dari sedimen laut Teluk Jakarta dibandingkan data yang lain

Parameter Uji	Hasil Penelitian <sup>1</sup>	Hong <i>et al.</i> (2009b) <sup>2</sup>	Hong <i>et al.</i> (2008) <sup>3</sup>
pH:			
H <sub>2</sub> O	8,15±0,07	-	9,0
KCl	7,85±0,07	-	-
DHL (dS/ m)	7,42±1,94	-	-
Salinitas (mg/ l)	3995±1124	-	-
<b>Bahan Organik</b>			
(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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	88±15,91	-	-
KTK (cmol(+)/kg)	17,27±0,51	-	-

Keterangan :

<sup>1</sup> Karakteristik sedimen laut Teluk Jakarta berdasarkan hasil penelitian ini (diuji di Balai Penelitian Tanah, Bogor)

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

<sup>3</sup> 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		
	m2	m5	m6
<b>Morfologi Koloni</b>			
Bentuk atas	Membulat	seperti titik	Membulat
Bentuk tepian	Halus	Halus	Halus
Bentuk elevasi	Timbul	Timbul	Timbul
Warna koloni	Kuning	Putih	Putih
Ukuran	1-2 mm	1-2 mm	>2 mm
<b>Morfologi Sel</b>			
Bentuk sel	Batang	Kokus	Batang
Gram	Negatif	Negatif	Positif
Endospora	(-)	(-)	(+)
Motilitas	(+)	(-)	(+)
<b>Sifat Fisiologis</b>			
Katalase	(-)	(+)	(+)
Oksidase	(+)	(-)	(+)

Keterangan:

(+) menunjukkan bahwa bakteri tersebut memiliki sifat tersebut di atas

(-) menunjukkan bahwa bakteri tersebut tidak memiliki sifat tersebut di atas