



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PADA ANODA *SEDIMENT*
MICROBIAL FUEL CELL (SMFC) SEBAGAI SUMBER ENERGI
ALTERNATIF DARI SEDIMEN LAUT**

**BIDANG KEGIATAN:
PKM ARTIKEL ILMIAH (PKM-AI)**

Diusulkan oleh:

Yayan Firmansyah	C34062363	(2006)
Fitriani Idham	C34053096	(2005)
Sofia Halimi	C34052160	(2005)

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2010**



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PADA ANODA *SEDIMENT*
MICROBIAL FUEL CELL (SMFC) SEBAGAI SUMBER ENERGI
ALTERNATIF DARI SEDIMEN LAUT**

**BIDANG KEGIATAN:
PKM ARTIKEL ILMIAH (PKM-AI)**

Diusulkan oleh:

Yayan Firmansyah	C34062363	(2006)
Fitriani Idham	C34053096	(2005)
Sofia Halimi	C34052160	(2005)

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2010**

BIODATA KETUA SERTA ANGGOTA

1. Ketua pelaksana kegiatan

- a. Nama Lengkap : Yayan Firmansyah
- b. NIM : C34062363
- c. Fak/Program Studi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan/
Teknologi Hasil Perairan
- d. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
- e. Waktu untuk kegiatan : 4 jam/minggu

2. Anggota pelaksana kegiatan

- a. Nama Lengkap : Fitriani Idham
- b. NIM : C34053096
- c. Fak/Program Studi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan/
Teknologi Hasil Perikanan
- d. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
- e. Waktu untuk kegiatan : 4 jam/minggu

3. Anggota pelaksana kegiatan

- a. Nama Lengkap : Sofia Halimi
- b. NIM : C34052160
- c. Fak/Program Studi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan/
Teknologi Hasil Perikanan
- d. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
- e. Waktu untuk kegiatan : 4 jam/minggu

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Isolasi dan Identifikasi Bakteri pada Anoda *Sediment Microbial Fuell Cell* (SMFC) sebagai Sumber Energi Alternatif dari Sedimen Laut
2. Bidang Kegiatan : (√) PK-AI () PK-GT
(Pilih salah satu)
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Yayan Firmansyah
 - b. NIM : C34062363
 - c. Departemen : Teknologi Hasil Perairan (THP) - FPIK
 - d. Universitas : Institut Pertanian Bogor

Bogor, 25 Maret 2010

Menyetujui
Ketua Departemen
Teknologi Hasil Perairan FPIK IPB

Ketua Pelaksana Kegiatan

(Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS. M. Phil)
NIP. 19580511 198503 1 002

(Yayan Firmansyah)
NRP. C34062363

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Dosen Pendamping

(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS)
NIP. 19581228 198503 1 003

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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Yayan Firmansyah
NRP : C34062363
Departemen : Teknologi Hasil Perairan
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas : Institut Pertanian Bogor

menyatakan bahwa karya ilmiah yang berjudul “Isolasi dan Identifikasi Bakteri pada Anoda *Semiment Microbial Fuel Cell* (SMFC) sebagai Sumber Energi Alternatif dari Sedimen Laut” yang diikutkan dalam kegiatan PKM Artikel Ilmiah mengacu pada hasil PKMP tahun 2009/ 2010 yang telah diselesaikan dalam waktu tiga bulan.

Bogor, 25 Maret 2010

Menyetujui
Ketua Departemen
Teknologi Hasil Perairan FPIK IPB

Ketua Pelaksana Kegiatan

(Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS. M. Phil)
NIP. 19580511 198503 1 002

(Yayan Firmansyah)
NRP. C34062363

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PADA ANODA *SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL* (SMFC) SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DARI SEDIMEN LAUT

Yayan Firmansyah, Fitriani Idham, Sofia Halimi
Departemen Teknologi Hasil Perairan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

ABSTRAK

*Sediment microbial fuel cell (SMFC) is one form of biological fuel cells and derived from the microbial fuel cell (MFC). SMFC use organic materials and microorganisms that naturally findable in the sediment. SMFC microorganisms can convert the organic material complex in the sediment and generate electrons. Utilization of tropical marine sediments in SMFC as substrate become important to provide electrical energy at a remote location and difficult to reach, for example planted sensor on the seabed. This research was conducted to see the amount of electrical energy that can be produced from marine sediments and isolate the bacteria present in the anode SMFC. SMFC series consists of marine sediments, sea water, electrodes, wires, and resistors. After measurement of electric current for 40 day was done, then the bacteria from the anode were isolated and identified. The electric current that produce reach peak production on day 21, that is ~ 150 mA/m² at sediments 1 and ~ 120 mA/m² at sediments 2. At the beginning of measurement, the amount of electricity generated increased gradually until reach peak production then the amount of current production gradually decreased. The Isolation of bacteria at the anode obtained three types of isolates, that is *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter sp.*, And *Bacillus marinus*.*

Keywords: sediment microbial fuel cell, marine sediment, electricity generation, isolation of bacteria

Sediment microbial fuel cell (SMFC) merupakan salah satu bentuk dari biological fuel cell dan turunan dari microbial fuel cell (MFC). SMFC memanfaatkan bahan organik dan mikroorganisme alami yang terdapat pada sedimen. Mikroorganisme pada SMFC dapat mengonversi bahan organik kompleks pada sedimen dan menghasilkan elektron. Pemanfaatan sedimen laut tropika dalam SMFC sebagai substrat menjadi semakin penting untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi yang terpencil dan sulit untuk dijangkau, misalnya alat sensor yang ditanam di dasar laut. Penelitian ini dilakukan untuk melihat jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan dari sedimen laut dan mengisolasi bakteri yang terdapat pada anoda SMFC. Rangkaian SMFC terdiri dari sedimen laut, air laut, elektroda, kabel, dan resistor. Setelah pengukuran arus listrik selama 40 hari dilakukan, bakteri pada anoda diisolasi dan diidentifikasi. Arus listrik yang dihasilkan mencapai puncak produksi pada hari ke-21, yaitu ~150 mA/m² pada sedimen 1 dan ~120 mA/m² pada sedimen 2. Pada awal pengukuran, jumlah arus listrik yang dihasilkan meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak produksi kemudian jumlah arus listrik secara bertahap menurun. Isolasi bakteri

pada anoda didapatkan tiga jenis isolat, yaitu *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter* sp., dan *Bacillus marinus*.

Kata kunci: sediment microbial fuel cell, sedimen laut, produksi arus listrik, isolasi bakteri

PENDAHULUAN

Sedimen laut merupakan bagian dari sumber daya kelautan yang sangat penting. Sedimen laut menyimpan berbagai kekayaan, seperti minyak bumi, gas alam, dan bahan tambang mineral. Sedimen laut juga menjadi sumber bahan organik bagi berbagai vegetasi penting, misalnya mangrove, rumput laut, dan padang lamun. Selain itu sedimen laut berperan penting dalam siklus karbon dan nutrisi bagi kehidupan di dunia ini (1). Selain itu, sedimen laut mengandung mikroorganisme tertentu yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam teknologi berbasis *microbial fuel cell* (MFC).

Sediment microbial fuel cell (SMFC) merupakan salah satu bentuk dari *biological fuel cell* dan merupakan turunan dari *microbial fuel cell* (MFC). Shantaram *et al.* (2) menyatakan bahwa jumlah bahan organik yang cukup besar pada sedimen laut dan penambahan bahan organik secara konstan menjadikan umur penggunaan sedimen laut sebagai substrat MFC akan sangat lama. Populasi alami mikroorganisme pada sedimen anoksik juga berperan pada transfer elektron (3). Pemanfaatan sedimen laut tropika sebagai substrat menjadi semakin penting untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi yang terpencil dan sulit untuk dijangkau, misalnya pada alat sensor yang ditaman di dasar laut. Berbagai jenis sedimen telah digunakan pada SMFC, yaitu sedimen laut (4, 5), sedimen estuaria (4), rawa asin (5), sedimen danau (6), dan sedimen sungai (5, 6).

Mikroorganisme pada SMFC dapat mengonversi bahan organik kompleks pada sedimen menjadi produk fermentasi yang pada umumnya berupa asetat dan menghasilkan elektron. Koloni *Geobacteraceae* merupakan salah satu mikroorganisme pada anoda yang dapat mengoksidasi produk fermentasi tersebut menjadi karbon dioksida dengan mentransfer elektron ke elektroda (7). Pengisolasian dan pengidentifikasian jenis mikroorganisme pada anoda sangat penting dilakukan untuk mengetahui jenis mikroorganisme yang berperan dalam menghasilkan energi listrik pada sedimen laut tropis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah arus listrik yang dapat dihasilkan oleh sedimen laut melalui SMFC dan mengisolasi serta mengidentifikasi bakteri yang terdapat pada anoda SMFC.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2010 hingga Maret 2010 bertempat di Laboratorium Biokimia Hasil Perairan, Laboratorium Karakteristik Bahan Baku Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas

Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Mikrobiologi Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan Balai Penelitian Tanah.

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah sedimen laut yang diperoleh dari perairan teluk Jakarta. Bahan-bahan yang digunakan untuk penyusunan SMFC adalah sedimen laut dan air laut yang diperoleh dari lokasi yang sama, HCl 1 N, NaOH 1 N, akuades, dan air deionisasi. Bahan-bahan yang digunakan untuk isolasi bakteri pada anoda adalah NaCl, KCl, NH₄Cl, KH₂PO₄, MgSO₄·7H₂O, NaHCO₃, MgCl₂·6H₂O, FeCl₂·2H₂O, gas murni N₂, NaOH, media TrypticaseTM Soy Agar (TSA), dan agar murni. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis secara biokimiawi kristal ungu, garam fisiologis, alkohol 95%, spirtus, safranin, hidrogen peroksida 3%, akuades, dan larutan iodium. Bahan yang digunakan untuk identifikasi bakteri adalah isolat bakteri murni pada agar miring, garam fisiologis, minyak mineral, reagen VP I, reagen VP II, reagen nitrate A, reagen nitrate B, reagen TDA, dan reagen Kovac's.

Alat-alat yang digunakan untuk mengambil sedimen dan air laut ialah botol air laut, tali, Ekman grab, *cool box*, label, dan kantong plastik. Alat-alat yang digunakan untuk membuat rangkaian SMFC ialah gelas ukur 500 ml, multitester, elektroda karbon grafit, solder, resistor, dan kabel. Alat-alat yang digunakan untuk mengisolasi bakteri ialah botol bersumbat karet, tabung reaksi bersumbat karet, cawan petri, sudip, jarum ose, *syringe*, *hot plate*, plastik *wrapping*, gelas ukur, gelas erlenmeyer, pipet volumetrik, bunsen, jar anaerobik dan *autoclave*. Alat yang dibutuhkan untuk pengujian biokimiawi ialah kaca objek, jarum ose, bunsen, *Oxidase Test Strip*, dan mikroskop. Alat-alat yang digunakan untuk identifikasi bakteri ialah *MicrogenTM GN-ID Identification*, tabung reaksi, pipet mikro, vortex, bunsen, ruang inkubator, tabel warna, dan *Software Microbact 2000*.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu: a) penyusunan SMFC dan pengukuran jumlah arus listrik yang dihasilkan, b) isolasi dan karakterisasi bakteri pada anoda SMFC, dan c) identifikasi bakteri.

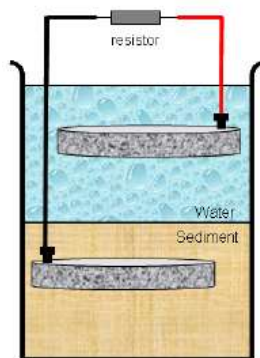
Penyusunan SMFC dan Pengukuran Arus Listrik

Sedimen laut diambil dari perairan Teluk Jakarta pada dua stasiun dengan kedalaman ± 4 m. Pengambilan sedimen dilakukan dengan menggunakan Ekman grab dan disimpan pada *cool box* hingga saat akan digunakan. Sedimen dari tiap stasiun digunakan untuk membuat SMFC 1 dan SMFC 2.

Elektroda yang digunakan untuk penyusunan SMFC adalah grafit yang diperoleh dari baterai ukuran A yang tidak terpakai lagi. Sebelum digunakan, elektroda karbon dinetralkan dengan merendam elektroda pada larutan HCl 1 N dan NaOH 1 N masing-masing selama 24 jam. Elektroda kemudian dihubungkan dengan kabel.

Rektor SMFC menggunakan gelas ukur berukuran 500 ml. Gelas ukur diisi dengan sedimen laut sebanyak 3 cm. Kemudian elektroda yang selanjutnya akan disebut anoda ditempatkan di atas sedimen laut tersebut dan ditambahkan sedimen laut lagi setinggi 2 cm. Setelah itu ditambahkan dengan air laut yang

diambil pada lokasi yang sama secara perlahan setinggi 5 cm dari permukaan sedimen laut. Reaktor SMFC dibiarkan selama semalam untuk mengendapkan partikel-partikel sedimen laut. Pada hari berikutnya, sebuah elektroda yang selanjutnya akan disebut dengan katoda ditempatkan pada air laut, 1 cm dari permukaan sedimen laut. Kabel dari anoda dan katoda dihubungkan dengan resistor dengan hambatan $820 \Omega \pm 5 \%$. Air yang hilang karena penguapan selama masa pengukuran arus listrik diganti dengan akuades demineralisasi. SMFC dioperasikan pada kondisi gelap pada suhu ruang. Bentuk dari SMFC dapat dilihat pada Gambar 1. Pengukuran arus listrik pada SMFC dilakukan selama 40 hari dengan menggunakan multimeter.



Gambar 1. Susunan SMFC

Pengisolasian Bakteri pada Anoda SMFC

Tahapan isolasi bakteri terdiri dari beberapa langkah, yaitu persiapan media cair dan media padat, inokulasi bakteri, perhitungan jumlah bakteri, dan isolasi bakteri.

Media kultur pengkayaan (*enrichment*) yang digunakan adalah media APW (Alkaline Peptone Water) yang telah dimodifikasi (5). Tiap liter media APW modifikasi mengandung 20 g NaCl, 0.77 g KCl, 0.25 g NH_4Cl , 0.1 g KH_2PO_4 , 0.2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 2.0 g NaHCO_3 . Sebelum NaHCO_3 ditambahkan, pH diadjust menjadi 7 dengan 5 N NaOH. Media kultur kemudian dituang pada tabung bersumbat karet dan diautoclave selama 15 menit pada suhu 121°C . Media kemudian ditambahkan 1 mM FeCl_2 (dari 0,1 M FeCl_2) steril. Selanjutnya media cair dialiri dengan gas N_2 (99.999 %) selama 15 menit untuk menghilangkan oksigen yang terlarut. Media padat yang digunakan untuk isolasi bakteri ialah media APW modifikasi yang ditambahkan agar murni (2%, wt/vol). Media ini diinkubasi pada suhu ruang dalam keadaan gelap secara anaerob.

Inokulasi bakteri pada SMFC dilakukan dengan cara memasukkan elektroda pada media cair. Media yang telah diinokulasikan kemudian segera dialiri gas N_2 selama 30 menit. Setelah itu dilakukan inkubasi bakteri selama 3 hari pada suhu ruang dalam kondisi gelap.

Bakteri tunggal diperoleh dengan cara menumbuhkan bakteri pada media padat dengan menggunakan metode cawan tuang dan cawan gores. Kondisi anaerob dicapai dengan cara memasukkan Gas Pak ke dalam *anaerob jar*. Media diinkubasi pada suhu ruang pada kondisi gelap selama 48 jam.

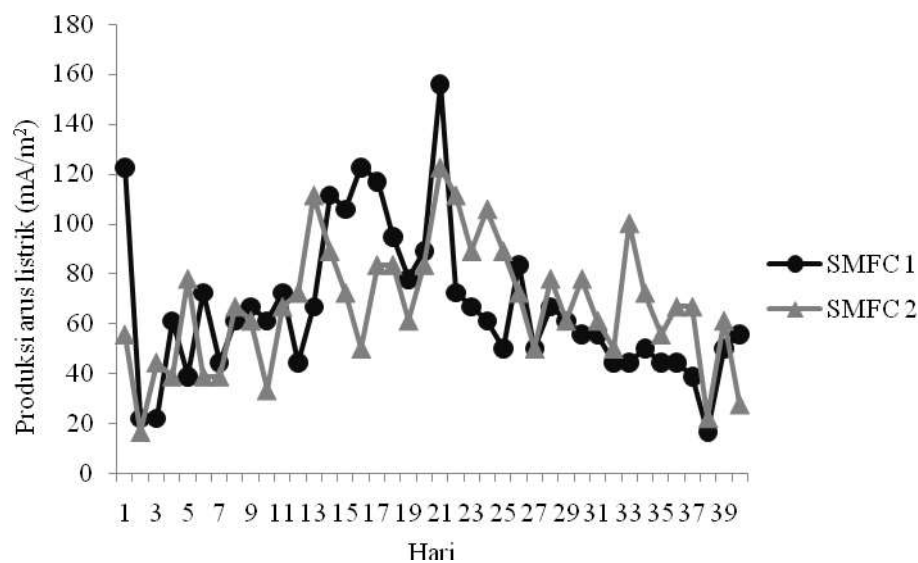
Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri

Karakterisasi terhadap isolat bakteri bertujuan untuk mengetahui sifat morfologi dan fisiologinya. Sifat morfologi yang diamati meliputi morfologi koloni dan morfologi sel yang terdiri dari bentuk sel, pewarnaan Gram, spora, dan motilitas serta pengamatan fisiologis yang meliputi katalase dan oksidase. Identifikasi bakteri dilakukan dengan menggunakan *MicrogenTM GN-ID Identification* yang hasilnya diolah dengan menggunakan *Software Microbact 2000*. Proses identifikasi juga dilakukan dengan menggunakan *Bergey's Manual*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Arus pada Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC)

Produksi arus listrik yang dihasilkan merupakan hasil kegiatan dari mikroorganisme pada sedimen yang mengonversi bahan organik menjadi listrik. Selama 40 hari dilakukan pengukuran arus listrik pada SMFC. Arus listrik yang dihasilkan SMFC 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 2. Produksi arus listrik pada SMFC dapat dijelaskan sebagai berikut. Setelah kedua elektroda dihubungkan dengan resistor membentuk rangkaian tertutup, produksi arus listrik mencapai puncak pada hari ke-21. Arus maksimal SMFC 1 adalah $\sim 150 \text{ mA/m}^2$ (mA per luas meter persegi permukaan elektroda) dan SMFC 2 adalah $\sim 120 \text{ mA/m}^2$. Pada awal pengukuran, jumlah arus listrik yang dihasilkan meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak produksi kemudian jumlah arus listrik secara bertahap menurun. Jumlah arus listrik yang dihasilkan meningkat sebanding dengan jumlah bakteri yang hidup pada elektroda. Penurunan jumlah arus listrik menjelang akhir pengukuran disebabkan bahan organik yang terdapat disekitar anoda berkurang. Menurut Reimers *et al.* (4), transfer massa pada pembentukan sedimen menjadi pembatas dalam produksi energi menggunakan SMFC. Menurut Logan (8), kondisi ini dapat diatasi dengan penambahan bahan organik pada sedimen.



Gambar 2. Produksi arus listrik SMFC

Pola produksi arus listrik pada SMFC menunjukkan kesamaan dengan beberapa penelitian serupa, seperti penelitian Hong *et al.* (9) yang menggunakan sedimen sungai sebagai substrat dalam SMFC. Hasil penelitian Hong *et al.* (9) menghasilkan arus maksimal sebesar 29,3 mA/m² kemudian mengalami penurunan secara bertahap seiring waktu. Perbedaan jumlah arus yang dihasilkan disebabkan oleh jenis air (air laut atau air tawar), jumlah bahan organik yang terkandung dalam sedimen, dan berbagai kondisi operasi lainnya. Kinerja SMFC dipengaruhi oleh kecepatan degradasi substrat, kecepatan transfer elektron dari bakteri ke anoda, transfer proton dalam larutan (10), aktivitas mikroba, dan substrat yang digunakan (11). Selain itu, jenis bahan dan struktur anoda berdampak pada penempelan mikroba, transfer elektron, dan pada beberapa kasus oksidasi substrat (12).

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri pada SMFC

Hasil isolasi pada media APW padat diperoleh 3 koloni bakteri yang dapat hidup selama proses isolasi, yaitu isolat m2, m5, dan m6. Ketiga isolat tersebut murni setelah dilakukan 2 kali pengulangan tahap isolasi. Pada setiap ulangan dilakukan pengujian morfologi koloni dan sel. Data yang didapatkan dari hasil penginkulasian terbukti masih sama seperti data awal. Hal ini membuktikan bahwa isolasi bakteri telah berhasil dilakukan. Data morfologi koloni dan sel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi isolat bakteri murni

Sifat Isolat	Koloni		
	m2	m5	m6
Morfologi Koloni			
Bentuk atas	membulat	seperti titik	membulat
Bentuk pinggir	halus	halus	halus
Bentuk penonjolan	timbul	timbul	timbul
Warna koloni	kuning	putih	putih
Morfologi Sel			
Bentuk sel	batang	kokus	batang
Gram	negatif	negatif	positif
Spora	td	td	(+)
Motilitas	(+)	(-)	(+)
Sifat Fisiologis			
Katalase	(-)	(+)	(+)
Oksidase	(+)	(-)	(+)

Keterangan:

td tidak dilakukan pengujian

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

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

Pada data Tabel 1 dapat dilihat hasil pewarnaan Gram bakteri. Hasil pengamatan menunjukkan isolat m2 dan m5 bersifat Gram negatif sedangkan isolat m6 bersifat Gram positif. Pada uji pewarnaan Gram, bakteri yang bersifat Gram positif ditandai dengan terbentuknya warna ungu pada sel bakteri. Hal

tersebut disebabkan karena bakteri ini memiliki kandungan lipid yang lebih rendah dibandingkan dengan bakteri Gram negatif, sehingga dinding sel bakteri akan lebih mudah terdehidrasi akibat perlakuan dengan alkohol. Selain itu lapisan peptidoglikan pada bakteri Gram negatif juga lebih tipis daripada peptidoglikan bakteri Gram positif (13).

Spora dibentuk oleh spesies bakteri yang mampu mengatasi lingkungan yang tidak menguntungkan bakteri. Letak endospora di dalam sel dan ukurannya juga merupakan acuan untuk karakterisasi dan identifikasi bakteri (13). Isolat m6 menunjukkan adanya pembentukan spora di dalam sel vegetatif (endospora) yang terletak pada ujung sel yang dapat dilihat pada uji pewarnaan spora.

Pada pengujian motilitas bakteri, hasil yang didapat menunjukkan bahwa kedua isolat, yaitu isolat m2 dan m6 bersifat motil sedangkan isolat m5 bersifat nonmotil. Isolat motil menunjukkan bahwa bakteri tersebut mempunyai flagel sebagai organ untuk bergerak. *Bacillus* dan *Spirillum* merupakan sebagian besar spesies bakteri yang memiliki flagella sebagai alat geraknya. Motilitas pada bakteri yang berbentuk kokus jarang ditemukan (13).

Uji katalase dilakukan untuk mengetahui adanya enzim katalase pada isolat bakteri. Katalase adalah enzim yang mampu mengkatalisasi proses penguraian hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan O_2 . Uji ini penting dilakukan untuk mengetahui sifat bakteri terhadap kebutuhan akan oksigen. Hasil pengujian sifat katalase menunjukkan bahwa isolat m5 dan m6 memiliki enzim katalase sehingga dapat dikatakan bahwa bakteri tersebut bersifat aerobik. Sedangkan isolat m2 tidak memiliki enzim katalase sehingga diduga bahwa bakteri tersebut bersifat anaerobik fakultatif.

Uji oksidase dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri menghasilkan enzim oksidase sitokrom. Hasil uji oksidase ini menunjukkan bahwa isolat bakteri m2 dan m6 mampu menghasilkan enzim oksidase sitokrom, sehingga bakteri tersebut melakukan metabolisme energi melalui respirasi. Sedangkan isolat bakteri m5 tidak mampu menghasilkan enzim oksidase sitokrom, sehingga bakteri tersebut tidak melakukan metabolisme energi melalui respirasi melainkan fermentasi.

Identifikasi Bakteri

Berdasarkan hasil karakterisasi pada ketiga isolat, dilakukan penelaahan pada panduan buku manual yang digunakan dalam mencari genus dari isolat bakteri. Buku manual yang digunakan adalah *Bergey's Manual* (14).

Pada pengamatan sebelumnya telah didapatkan ciri dan sifat ketiga isolat yang ingin diidentifikasi. Ketiga isolat tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Isolat m2 terlihat adanya bentuk koloni dengan penampakan atas yang bulat, penampakan samping halus, bentuk penonjolan timbul, berwarna kuning, sel berbentuk batang panjang, Gram negatif, serta memiliki motilitas. Berdasarkan buku manual identifikasi bakteri *Bergey's Manual* yang digunakan, isolat m2 diduga masuk dalam kategori bakteri Grup 5. Bakteri Grup 5 adalah bakteri batang Gram negatif yang bersifat fakultatif anaerobik (14). Isolat m2 juga diduga memiliki kekerabatan yang termasuk dalam genus bakteri *Aeromonas* sp.

Berbagai strain *Aeromonas* dapat diisolasi dari berbagai jenis air sehingga genus ini termasuk organisme akuatik. *Aeromonas* dapat hidup pada berbagai

salinitas, konduktivitas, temperatur, pH, dan kekeruhan. Namun *Aeromonas* tidak ditemukan pada air dengan salinitas yang sangat tinggi atau air geotermal (suhu 45 °C atau lebih). Sedimen juga mengandung lebih banyak *Aeromonas* dibandingkan kolom air. Jumlah *Aeromonas* yang tinggi juga ditemukan pada sedimen dengan konsentrasi bahan organik yang tinggi (15).

Isolat m5 terlihat adanya bentuk koloni dengan penampakan atas yang bulat, penampakan samping halus, bentuk penonjolan yang timbul, bewarna putih, sel berbentuk kokus, Gram negatif, serta tidak motil. Berdasarkan buku manual identifikasi bakteri *Bergey's Manual* yang digunakan, isolat m5 diduga masuk dalam kategori bakteri Grup 4. Bakteri Grup 4 adalah bakteri Gram negatif berbentuk batang dan kokus yang dapat tumbuh pada kondisi aerob dan beberapa anggotanya bersifat mikroaerofilik (14). Isolat m5 juga diduga memiliki kekerabatan yang termasuk dalam genus bakteri *Acinetobacter* sp.

Acinetobacter berbentuk batang dengan diameter 0,9-1,6 µm dan panjang 1,5-2,5 µm sehingga menjadi berbentuk bulat pada fase stasioner pertumbuhannya. Sel bakteri biasanya berpasangan dan membentuk rantai. Sel tidak membentuk spora dan tidak motil. Semua strain bakteri pada Genus *Acinetobacter* dapat tumbuh dalam rentang suhu 20-30 °C, namun sebagian besar strain tumbuh optimal pada suhu 33-35 °C. oksidase negatif dan katalase positif (13). *Acinetobacter* pada umumnya ditemukan hidup bebas sebagai saprofit pada tanah, air, lumpur, dan makanan (16).

Isolat m6 terlihat adanya bentuk koloni dengan penampakan atas yang bulat, penampakan samping halus, bentuk penonjolan yang timbul, bewarna putih, sel berbentuk batang, Gram positif yang memiliki spora, serta memiliki motilitas. Berdasarkan buku manual identifikasi bakteri *Bergey's Manual* yang digunakan, isolat m6 diduga masuk dalam kategori bakteri Grup 18. Bakteri Grup 18 adalah bakteri endospora Gram positif berbentuk batang (14). Isolat m6 juga diduga memiliki kekerabatan yang termasuk dalam genus bakteri *Bacillus* sp.

Bacillus sp. tersebar luas di berbagai lingkungan dengan berbagai spesies yang beragam. Genus *Bacillus* bersifat Gram positif (walupun terkadang bersifat Gram variabel atau Gram negatif), berbentuk batang, memiliki flagella, memiliki endospora berbentuk elips atau bulat, spora membengkak atau tidak, bersifat anaerobik fakultatif atau aerobik, dan sebagian katalase positif (17). *Bacillus* yang diperoleh dari sampel air laut dan dasar laut biasanya bersifat halotoleran dan sebagian besar tidak membutuhkan media air laut untuk pertumbuhannya (18).

***Microbact*TM GNB 12 A dan B**

*Microbact*TM GNB 12 A dan B masing-masing memiliki 12 sumur yang mengandung substrat yang didehidrasi. Hasil perubahan warna substrat setelah diinkubasi isolat bakteri murni menjadi acuan dalam penentuan spesies koloni. isolat m5 membutuhkan uji lanjut yang lebih lengkap untuk dapat menentukan spesies.

Hasil yang didapat dengan pembacaan tabel warna dimasukkan dalam *software Microbact 2000*. *Microbact 2000* menunjukkan bahwa isolat m2 diduga merupakan bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan presentase sebesar 97,45 %.

Hasil identifikasi isolat m6 dengan menggunakan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan jurnal *New psychrophilic and psychrotolerant*

Bacillus marinus strains from tropical and polar deep-sea sediments and emended description of the species (18) memberikan dugaan bahwa isolat merupakan salah satu dari strain *Bacillus marinus*, yaitu DSM 1297^T.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Selama 40 hari dilakukan pengukuran arus listrik pada SMFC. Arus listrik yang dihasilkan dengan resistor tetap bernilai $820 \Omega \pm 5 \%$ mencapai puncak produksi arus listrik pada hari ke-21, yaitu $\sim 150 \text{ mA/m}^2$ pada sedimen 1 dan $\sim 120 \text{ mA/m}^2$ pada sedimen 2. Pada awal pengukuran, jumlah arus listrik yang dihasilkan meningkat secara bertahap namun setelah hari ke-21 jumlah produksi arus secara bertahap menurun. Penurunan jumlah arus listrik menjelang akhir pengukuran disebabkan bahan organik yang terdapat disekitar anoda berkurang.

Setelah proses pengukuran arus listrik, pengisolasian bakteri pada anoda dilakukan dan diperoleh 3 isolat bakteri, yaitu isolat m2, m5, dan m6. Ketiga isolat tersebut ditelaah dengan menggunakan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual*. Isolat m2 diduga memiliki ciri-ciri mendekati genus *Aeromonas* sp. Isolat m5 diduga memiliki ciri-ciri mendekati genus *Acinetobacter* sp. Isolat m6 diduga memiliki ciri-ciri mendekati genus *Bacillus* sp.

Isolat m2 dan m6 diuji lanjut dengan menggunakan *Microbact*TM GNB 12 A dan B, dari hasil uji tersebut diduga isolat m2 adalah bakteri *Aeromonas hydrophila* dan isolat m6 adalah *Bacillus marinus*.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Rochelle PA, Cragg BA, Fry JC, Parkes RJ, dan Weightman AJ. Effect of sample handling on estimation of bacterial diversity in marine sediments by 16S rRNA gene sequence analysis. *J. FEMS Microbiol Ecol.* 1994; 15: 215–226.
- (2) Shantaram A, Beyenal H, Raajan R, Veluchamy A, dan Lewandowski Z. Wireless sensors powered by microbial fuel cells. *J. Environ. Sci. Technol.* 2005; 39: 5037-5042.
- (3) Rabaey K dan Verstraete W. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *J. Trends Biotechnol.* 2005; 23: 291-298.
- (4) Reimers CE, Tender LM, Fertig S, dan Wong W. Harvesting energy from the marine sediment-water interface. *J. Environ. Sci. Technol.* 2001; 35: 192-195.

- (5) Holmes DE, Bond DR, O'Neil RA, Reimers CE, Tender LM, dan Lovley DR. Microbial community associates with electrodes harvesting electricity from a variety of aquatic sediments. *J. Microbial Ecol.* 2004; 48: 178-190.
- (6) Mohan SV, Srikanth S, Raghuvulu SV, Mohankrishna G, Kumar AK, dan Sarma PN. Evaluation of the potential of various aquatic eco-systems in harnessing bioelectricity through benthic fuel cell: Effect of electrode assembly and water characteristics. *J. Bioresource Technol.* 2009; 100: 2240-2246.
- (7) Bond DR, Holmes DE, Tender LM, dan Lovley DR. Electrode reducing microorganisms that harvest energy from marine sediment. *J. Science* 2002; 295: 483-485.
- (8) Logan BE. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd; 2008.
- (9) Hong SW, Chang IS, Choi YS, Chung TH. Experimental evaluation of influential factors for electricity harvesting from sediment microbial fuel cell. *J. Bioresource Technology* 2009; 100: 3029-3035.
- (10) Liu H, Cheng S, dan Logan BE. Power generation in fed-batch microbial fuel cell as a function of ionic strength, temperature, and reactor configuration. *J. Environ. Sci. Technol.* 2005; 39: 5488-5493.
- (11) Chaudhuri SK dan Lovley DR. Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cell. *J. Nat. Biotechnol.* 2003; 21: 1229-1232.
- (12) Watanabe K. Recent developments in microbial fuel cell technologies for sustainable bioenergy. *J. Biosc. Bioeng.* 2008; 106: 528-536.
- (13) Pelczar MJ, Chan ECS. *Dasar-Dasar Mikrobiologi I*. Terjemahan Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Jakarta: Universitas Indonesia; 2005.
- (14) Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT, Williams ST. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, Ninth Edition*. Philadelphia: Wolters Kluwer Company; 1994.
- (15) Farmer JJ, Arduino MJ, Hickman-Brenner FW. Genera *Aeromonas* and *Plesiomona*. Di dalam: Dworkin M, Falkow S, Rosenberg E, Schleifer KH, Stackebrandt E (editor). *The Prokaryotes A Handbook on The Biology of Bacteria, 3rd ed Volume 6: Proteobacteria: Gamma Subclass*. Singapore: Springer Science Business Media; 2006.
- (16) Towner K. The Genus *Acinetobacter*. Di dalam: Dworkin M, Falkow S, Rosenberg E, Schleifer KH, Stackebrandt E (editor). *The Prokaryotes A Handbook on The Biology of Bacteria, 3rd ed Volume 6: Proteobacteria: Gamma Subclass*. Singapore: Springer Science Business Media; 2006.
- (17) Claus D, Fritze D, Kocur M. Genera Related to The Genus *Bacillus-Sporolactobacillus, Sporosarcina, Plaococcus, Filibacter*, dan *Caryophanon*. Di dalam: Dworkin M, Falkow S, Rosenberg E, Schleifer KH, Stackebrandt E (editor). *The Prokaryotes A Handbook on The Biology of Bacteria, 3rd ed Volume 4: Bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria*. Singapore: Springer Science Business Media; 2006.
- (18) R ger HJ, Fritze D, Spr er C. New psychrophilic and psychrotolerant *Bacillus marinus* strains from tropical and polar deep-sea sediments and emended description of the species. *International J. System Evolution Microbiology* 2000; 50: 1305-1313.