



SUMBER ENERGI LISTRIK MELALUI METODE *MICROBIAL FUEL CELLS* DENGAN MENGGUNAKAN *BIO SLURRY* SEBAGAI PENERANGAN KEHIDUPAN MANUSIA

THE SOURCE OF ELECTRICAL ENERGY WITH *MICROBIAL FUEL CELLS* METHOD TO USING *BIO SLURRY* AS LIGHTING OF HUMAN LIFE

Luki Swandiri Putra, Tri Wahono, Titok Limas Maulana, Deny Abdul Azis
Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Indonesia

Email : lukiswandiriputra@yahoo.co.id

Abstrak

Listrik menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia pada saat ini. Di negara berkembang seperti Indonesia, listrik diperoleh dengan cara pengolahan berbagai macam sumber daya fosil yang dimiliki. Dilakukanlah eksplorasi hasil fosil seperti minyak bumi, gas, batubara secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan konsumsinya. Hal inilah yang memicu terjadinya kenaikan harga dan terjadinya krisis energi, khususnya listrik di negeri ini.

Pemanfaatan bakteri untuk menghasilkan energi listrik menjadi upaya yang ditempuh dan dilakukan oleh para peneliti dalam beberapa tahun ini. Salah satu teknologi yang digunakan adalah *Microbial Fuel Cells (MFCs)*. *Microbial fuel cells (MFCs)* adalah reaktor *bioelektrokimia* yang dapat mengkonversi energi kimia dari zat organik pada air limbah menjadi listrik dengan katalis dari mikroorganisme.

Bio-slurry atau ampas biogas merupakan produk dari hasil pengolahan biogas berbahan campuran kotoran ternak dan air melalui proses tanpa oksigen (anaerobik) di dalam ruang tertutup.

Tegangan yang dihasilkan selama 10 jam pengukuran didapat 0,115 V pada 2 bejana, 2,772 V pada 10 bejana yang dirangkai secara seri, dan 2,145 pada 15 bejana yang dirangkai secara seri

Kata kunci : *Bio-slurry*, *Microbial Fuel Cells*, rangkaian seri

Abstract

At this time, the electricity becomes to primary need in the human life. In developing countries such as Indonesia, the electricity is obtained by variety of fossil resources owned processing. Which performed to the fossil results exploration such as oil, gas, coal on a large scale to fulfill needs of consumption. This is what triggered the increasing price and crisis energy, especially electricity in our country.

In recent years, the utilization of bacteria to making the electrical energy to efforts and it was done by researcher. One of the technologies used are *Microbial Fuel Cells (MFCs)*. *Microbial fuel cells (MFCs)* are *bioelectrochemical* reactor which converting the chemical energy of organic substances in wastewater into electricity with a catalyst of microorganisms.

Bio-slurry or biogas waste is product of result biogas processing made from a mixture of animal waste and water by without oxygen process (anaerobic) in closed space.

Electrical potential resulted during 10 hours observation were 0.115 V for two vessels, 0.335 V for three vessels, 2,772 V for four vessels which all of vessels arranged into series circuits, and 2,145 for 15 vessels which arranged into parallel circuits

Key Words : *Bio-slurry*, *Microbial Fuel Cells*, Series Circuit, Parallel Circuits



PENDAHULUAN

Listrik menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia pada saat ini. Bahkan kita tidak bisa membayangkan bagaimana jika dalam kehidupan manusia sehari-hari tidak ada listrik karena semua aktivitas manusia beserta peralatannya sekarang banyak yang menggunakan tenaga listrik dan di negara berkembang seperti Indonesia, listrik diperoleh dengan cara pengolahan berbagai macam sumber daya fosil yang dimiliki. Dilakukanlah eksplorasi hasil fosil seperti minyak bumi, gas, batubara secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan konsumsinya. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah cadangan bahan bakar khususnya minyak dan gas. Hal inilah yang memicu terjadinya kenaikan harga dan terjadinya krisis energi, khususnya listrik di negeri ini.

Pemanfaatan bakteri untuk menghasilkan energi listrik menjadi upaya yang ditempuh dan dilakukan oleh para peneliti dalam beberapa tahun ini. Salah satu teknologi yang digunakan adalah *Microbial Fuel Cells (MFCs)*. Menurut (Aeltermn et al. 2006 dalam Zhang, 2012) *microbial fuel cells (MFCs)* adalah reaktor *bioelektrokimia* yang dapat mengkonversi energi kimia dari zat organik pada air limbah menjadi listrik dengan katalis dari mikroorganisme. Bakteri bisa digunakan dalam sistem MFCs untuk menghasilkan energi listrik sambil menyelesaikan proses penghancuran dari material organik (Du et al., 2007). Metode pengembangan energi listrik dari sumber yang dapat terbarukan tanpa menghasilkan emisi karbondioksida (CO₂) dan ramah lingkungan telah ditemukan dan dikembangkan oleh para peneliti (Du, Zhuwei, Li dan Gu, 2007). Prinsip kerja sistem MFCs adalah bakteri

pada bejana memproduksi elektron kemudian dipindah ke anoda dan dialirkan ke katoda yang disambungkan oleh perangkat konduktivitas untuk menghasilkan listrik yang dapat menjalankan alat (Logan, 2008)

Teknologi pengolahan limbah cair adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Teknologi pengolahan limbah cair yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh pihak-pihak terkait. Teknologi pengolahan limbah cair yang telah dikembangkan secara umum terbagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologis (Metcalf dan Eddy 1991).

Tujuan pengolahan limbah cair secara biologis adalah menurunkan komponen terlarut, khususnya senyawa organik sampai pada batas yang aman terhadap lingkungan dengan memanfaatkan mikroorganisme dan/atau tanaman (Ibrahim 2005). Mikroorganisme mengonsumsi bahan-bahan organik membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya (Oktavia et al. 2012).

Bio-slurry atau ampas biogas merupakan produk dari hasil pengolahan biogas berbahan campuran kotoran ternak dan air melalui proses tanpa oksigen (anaerobik) di dalam ruang tertutup. Kandungan organik yang terdapat pada *bio slurry* ini sangat lah baik serta terkandung bakteri *geobacter*. *Bio slurry* biasanya hanya dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan dibuang di lingkungan begitu saja yang dapat menimbulkan bau menyengat.

Berbagai studi mengenai MFC telah dilakukan. Sistem MFC dilakukan



terhadap elektroda (Cheng *et al.* 2006), desain reaktor MFC (Liu dan Logan 2004). Sistem *MFCs single chamber* yang dirangkai secara seri dan menggunakan substrat *bio slurry* dapat meningkatkan kinerja dari sistem *MFCs* dan memberikan alternatif lain dalam pengolahan *bio slurry* yang lebih efisien.

Penelitian mengenai penggunaan sistem MFC masih terbatas. Informasi mengenai rangkaian yang dapat digunakan dalam sistem MFC belum digali secara optimal, sehingga hal inilah yang melatarbelakangi dilakukan penelitian pemanfaatan limbah biogas atau *bio slurry* menggunakan sistem *MFCs* yang disusun secara seri. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kinerja penggunaan *bio slurry* terhadap daya listrik yang dihasilkan dengan sistem *MFCs* yang dipasang secara seri.

BAHAN DAN METODE

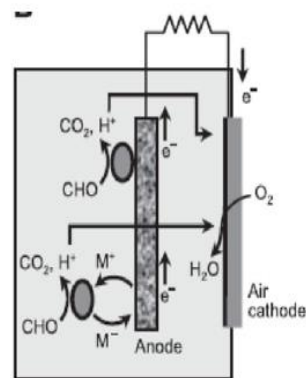
Bahan dan Metode

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain *bio slurry* 4 liter, aquades 1 liter, pasir silika 2 kg, glukosa 2 kg. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain botol 600 ml, elektroda lempengan tembaga (panjang : 5 cm, lebar : 2 cm), elektroda lempengan seng (panjang : 5 cm, lebar : 2 cm), kabel tembaga(), multimeter analog, neraca digital, Gelas beaker 500 ml, pengaduk.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem *microbial fuel cells single chamber*. Tahap pertama yaitu persiapan substrat organik dengan mencampurkan glukosa dan *bio slurry* dengan perbandingan 1:5. Tahap kedua adalah pembuatan reaktor *MFCs* satu bejana mengacu pada Mosqud dan Omine

(2010) yang dimodifikasi dalam peletakan elektroda (lempengan seng sebagai anoda dan lempengan tembaga sebagai katoda) dimana pada bagian anoda diletakan tenggelam dalam substrat organik sedangkan katoda diletakan setengah tenggelam agar sebagian katoda dapat kontak langsung dengan O_2 dan rangkaian bejana disusun secara seri yang terdiri atas 2 bejana (variabel 1), seri 10 bejana (variabel 2) dan 15 bejana dirangkai paralel (variabel 3) . Setiap bejana dilakukan penambahan pasir silika terlebih dahulu hingga mencapai tinggi 4 cm dari dasar bejana, kemudian dilakukan penambahan substrat organik (*bio slurry* dan glukosa). Tahap ketiga adalah pengukuran aliran listrik dari 3 variabel. Nilai elektrisitas yang dihasilkan oleh sistem MFC diukur menggunakan multimeter setiap 1 jam sekali selama 10 jam dalam satuan volt (V).



Gambar 1 (a) Desain system MFC satu bejana (Liu dan Logan 2004);

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan Sistem *MFCs Bio Slurry*

Variabel 1 dan 2 yang dirangkai secara seri, menunjukkan semakin banyak bejana yang dirangkai secara seri maka semakin tinggi nilai tegangan yang dihasilkan, namun jika dibanding dengan variabel 3 yang dirangkai paralel, nilai

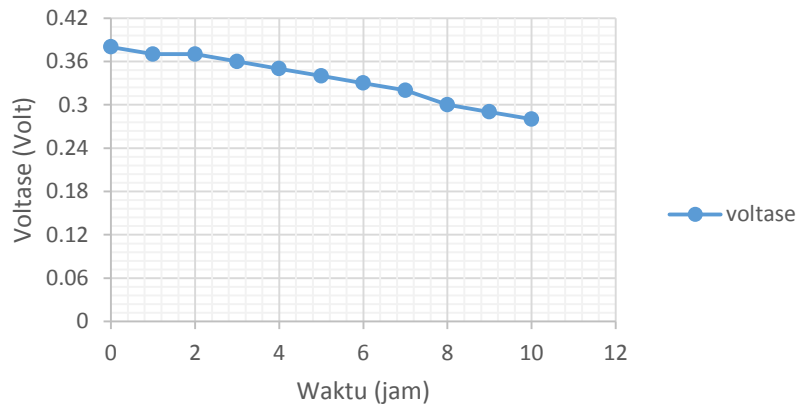


tegangan pada variabel 2 lebih besar dibandingkan dengan variabel 3. Tegangan yang dihasilkan mengalami perubahan pada setiap perlakuan. Nilai tegangan pada jam ke-0 yaitu 0,38 V pada dua bejana (Gambar 2), 3,2 V pada 10 bejana (Gambar 3), dan 2,4 V pada 15 bejana (Gambar 4)

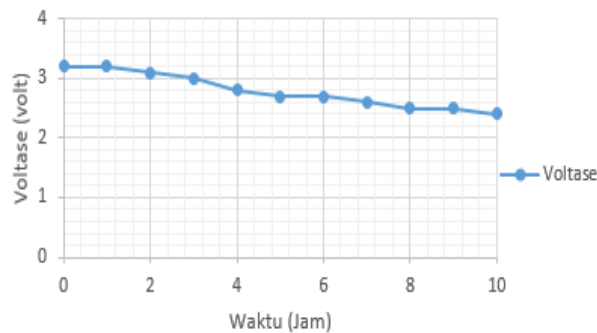
Gambar 2 menunjukkan nilai elektrisitas dua bejana yang disusun secara seri. Berdasarkan Grafik elektrisitas tertinggi ditunjukkan pada jam ke-0 dengan nilai 0,38 V dan terendah ditunjukkan pada jam ke-10 dengan nilai 0,28 V. Nilai elektrisitas rata-rata yang dihasilkan sistem MFC dua bejana selama pengukuran yaitu 0,335 V.

Gambar 3 menunjukkan nilai tegangan sepuluh bejana yang disusun secara seri. Berdasarkan grafik, tegangan tertinggi ditunjukkan pada jam ke-0 dengan nilai 3,2 V dan terendah ditunjukkan pada jam ke-10 dengan nilai 2,4 V. Nilai tegangan rata-rata yang dihasilkan sistem MFC tiga bejana selama lima hari pengukuran yaitu 2,772 V.

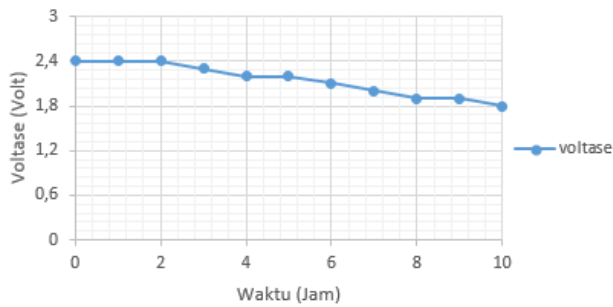
Gambar 4 menunjukkan nilai tegangan 15 bejana yang disusun secara paralel. Berdasarkan grafik, tegangan tertinggi ditunjukkan pada jam ke-0 dengan nilai 2,4V dan terendah ditunjukkan pada jam ke-10 dengan nilai 1,8 V. Nilai tegangan rata-rata yang dihasilkan sistem MFC tiga bejana selama lima hari pengukuran yaitu 2,145 V.



Gambar 2. Nilai tegangan rangkaian seri 2 bejana



Gambar 3. Nilai tegangan rangkaian seri 10 bejana.



Gambar 4. Nilai tegangan rangkaian paralel 15 bejana.

Nilai tegangan pada ketiga variabel cenderung semakin lama akan semakin turun, disebabkan mikroba yang mengalami fase mati seiring menipisnya sumber nutrisi mikroba yaitu glukosa yang ditambahkan pada substrat organik.

Potensial listrik yang terukur berasal dari kemampuan MFC sebagai bioelectrochemical system (BESs) yang dapat mengubah biomassa menjadi energi listrik melalui aktivitas mikroba (Pant *et al.* 2009). Elektron yang dihasilkan dari metabolisme mikroba akan ditangkap oleh anoda dan proton ditangkap oleh katoda yang kemudian menyebabkan beda potensial sehingga menghasilkan biolistrik. (Logan 2008).

Sistem MFC dengan penambahan *bio slurry* juga dipengaruhi oleh proses pengadukan. Pengadukan berperan penting karena dapat menjaga kestabilan kelarutan bahan organik yang digunakan metabolisme mikroorganisme. Hasil penelitian Winaya *et al.* (2011), bakteri anaerob dan material organik harus dikondisikan stabil pada suatu lingkungan agar material organik dapat dikonversi menjadi energi listrik. Lovely (2006) menyatakan bahwa komponen material limbah merupakan faktor penting dalam

perubahan limbah organik menjadi bioenergi yang dapat menghasilkan listrik.

Listrik yang dihasilkan melalui sistem MFC yang disusun secara seri umumnya memiliki nilai elektrisitas yang lebih tinggi dibandingkan nilai elektrisitas sistem MFC yang disusun secara paralel. Penelitian ini menghasilkan listrik rata-rata 0,335 V untuk dua bejana, 2,772 V untuk 10 bejana, dan 2,145 V untuk empat bejana. Penelitian Aelterman *et al.* (2006) diperoleh tegangan rangkaian terbuka 0,67 V untuk sambungan paralel dan 4,16 V untuk sambungan seri. Pengukuran output daya maksimum untuk rangkaian seri memiliki tegangan yang lebih tinggi dari 2.279 mV (49 mA), sedangkan paralel memiliki tegangan 269 mA pada 354 mV. Sistem MFC yang dihubungkan secara seri bekerja masing-masing pada arus dan tegangan rata-rata yang ditentukan oleh kinerja MFC individu. Sistem MFC secara seri tidak akan memberikan densitas kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan MFC individu tetapi MFC seri dapat menciptakan kemungkinan untuk menghasilkan daya rata-rata tegangan dan arus yang lebih praktis.

Arus maksimum ditentukan oleh tiga faktor. Pertama, desain MFC yang menentukan kerugian elektrokimia (misalnya, resistansi internal) dan keterbatasan transportasi konvektif. Kedua, beban volumetrik yang merupakan jumlah total elektron dialirkan oleh substrat. Ketiga, jumlah substrat diubah menjadi listrik (efisiensi Coulomb). Kerugian elektrokimia dalam sistem MFC dikategorikan sebagai (i) kerugian aktivasi yang dapat diturunkan oleh nanowires, (ii) kerugian ohmik yang ditentukan oleh



resistensi dari elektrolit dan elektroda, dan (iii) kerugian perpindahan massa yang terjadi karena penurunan reaktan pada permukaan elektroda (Aelterman *et al.* 2006).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *bio slurry* sebagai substrat organik dapat meningkatkan daya yang dihasilkan dari sistem *MFCs*. Penyusunan rangkaian seri yang digunakan pada sistem *MFCs* menghasilkan tegangan yang lebih optimal dibandingkan dengan penyusunan rangkaian paralel. Nilai rata-rata tegangan rangkaian seri 2 bejana yaitu 0,335 V, nilai rata-rata tegangan rangkaian seri 10 bejana yaitu 2,772 V dan nilai rata-rata tegangan 15 bejana yang dirangkai secara paralel yaitu 2,145 V.

DAFTAR PUSTAKA

Aelterman P, Rabaey K, Pham HT, Boon N,

Verstraete W. 2006. Continuous electricity generation at high voltages and currents using stacked *Microbial Fuel Cells*. *Environmental Science & Technology* 40: 3388-3394.

Cheng S, Liu H, Logan BE. 2006. Increased

performance of single-chamber *Microbial Fuel Cell* using an improved chatodestructure. *Electrochemical Community* 8: 489-494.

Du Z, Li H, Gu T. 2007. A state art review on *Microbial Fuel Cells*: a promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology Advances* 25: 464-482.

Fux C, Siegrist H. 2004. Nitrogen removal

from sludge digester liquids by nitrification/denitrification or partial nitritation/anammox: environmental and economical considerations. *Water Science and Technology* 50(10):19–26.

Liu H, Logan BE. 2004. Electricity generation using an air-cathode single chamber *Microbial Fuel Cell* in the presence and absence of a proton exchange membrane. *Environmental Science and Technology* 38: 4040-4046.

Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cell*. United States of America: A John Wiley & Sons Inc.

Lovely DR. 2006. Bug juice: harvesting electricity with microorganisms. *Nature Reviews* 4: 497-508.

Mosqud MA, Omine K. 2010. Bioelectricity

generation by using organic waste in Bangladesh. *International Journal of Environmental* 7:122-124.

Winaya INS, Sucipta M, Putra A. 2011. Memanfaatkan air bilasan bagas untuk menghasilkan listrik dengan teknologi *Microbial Fuel Cell*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram* 5(1): 57-63.