

PENGARUH VOLUME SAMPAH DAUN TERHADAP KINERJA SOLID PHASE MICROBIAL FUEL CELL (SMFC)

Rahmat Tubagus Hakiem*, Ganjar Samudro, Muhammad Arief Budiharjo

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang – Semarang

Kode Pos 50275 Telp. (024) 76480878, Fax (024) 76918157

*Email : rahmattubagus17@gmail.ac.id

Abstrak

Solid Phase Microbial Fuel Cells (SMFC) bisa menjadi alternatif metode pengolahan sampah yang ramah lingkungan sekaligus menghasilkan energi. Sampah yang digunakan sebagai substrat merupakan sumber nutrisi bagi mikroorganisme pada SMFC. Banyak volume sampah yang dimasukkan tersebut akan berpengaruh pada pengoptimalan kinerja SMFC. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan variasi volume sampah daun yang optimal terhadap kinerja SMFC. Variasi volume sampah daun yang diteliti yaitu 1/3, 1/2 dan 2/3 volume dari volume reaktor. Sumber bakteri yang digunakan diambil dari sedimen sungai. Pengujian dilakukan secara batch selama 14 hari untuk seeding-aklimatisasi dan running-batch selama 30 hari. Parameter yang diuji yaitu COD (Chemical Oxygen Demand) dan PD (Power Density) serta pH dan suhu sebagai kontrol penelitian. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui kinerja SMFC yang optimal terdapat pada reaktor volume sampah 1/2 dengan power density tertinggi pada hari-15 yaitu sebesar 52,8 mW/m² dan efisiensi penurunan COD optimal sebesar 88,1%.

Kata kunci: Sampah daun, volume sampah, bakteri MFC, kinerja SMFC, power density

1. PENDAHULUAN

SMFC (*Solid Phase Microbial Fuel Cell*) adalah suatu metode *electrochemical* yang menggunakan mikroorganisme sebagai katalis untuk menghasilkan energi listrik dari oksidasi limbah atau substrat padat organik (Wang dkk., 2013). SMFC terdiri dua bagian yaitu anoda dan katoda yang dihubungkan dalam rangkaian listrik. Anoda sebagai tempat oksidasi substrat menghasilkan proton dan elektron. Elektron tersebut kemudian dialirkan ke katoda melalui sirkuit listrik. Elektron melalui sirkuit dan proton menuju katoda dan ditangkap oleh oksigen menjadi air. Proses tersebut berlangsung terus-menerus menjadi rangkaian listrik (Pant dkk., 2010) Karena kemampuannya ini, metode SMFC memiliki potensi untuk dijadikan metode pengolahan sampah organik alternatif dikarenakan memiliki keuntungan yaitu menghasilkan energi dari sampah organik tersebut. SMFC juga memiliki keunggulan lain dibandingkan metode pengolahan sampah lain yaitu lebih ramah lingkungan (Hui dkk., 2006).

Substrat memiliki peran penting sebagai nutrisi dan sumber energi pada proses biologis oleh bakteri dalam SMFC. Salah satu substrat yang banyak diteliti yaitu substrat yang mengandung lignoselulosa (Pant dkk, 2010). Kandungan lignoselulosa ini terdapat pada tumbuhan seperti, daun, ranting, sekam padi, tongkol jagung dll (Damayanti dan Megawati, 2011). Pengujian SMFC menggunakan substrat lignoselulosa ini menghasilkan energi listrik yang beragam diantaranya yaitu 331 mW/m² menggunakan brangkas jagung yang sudah dilakukan *bioaugmentation* (Wang dkk, 2009), 42,5 mW/m² pada sampah daun dan rumput yang sudah dihaluskan (Moqsud dkk, 2013), dan campuran residu kacang kedelai, sekam padi dan bubuk kopi dengan *power density* yang dihasilkan sebesar 247 mW/m² dengan penambahan *bio-enzymes* (Wang dkk, 2013). Penelitian yang sudah dilakukan terhadap substrat sampah daun lebih sedikit menghasilkan energi listrik. Akan tetapi, sampah daun masih memiliki potensi yang besar mengingat melimpahnya sampah dan belum adanya penelitian lebih lanjut mengenai volume sampah daun yang dimasukkan kedalam reaktor. Ini dikarenakan jumlah material organik pada sampah mempengaruhi energi yang dihasilkan. Dalam pengukuran jumlah material organik pada sampah tersebut, dapat diketahui dengan penurunan COD (Buffiere dkk., 2008).

Selain substrat sampah, sumber bakteri memiliki peran penting dalam metabolisme nutrisi pada substrat tersebut. Bakteri dimanfaatkan untuk melakukan metabolisme di anoda dengan menguraikan zat organik pada substrat yang digunakan. Hasil dari metabolisme kemudian

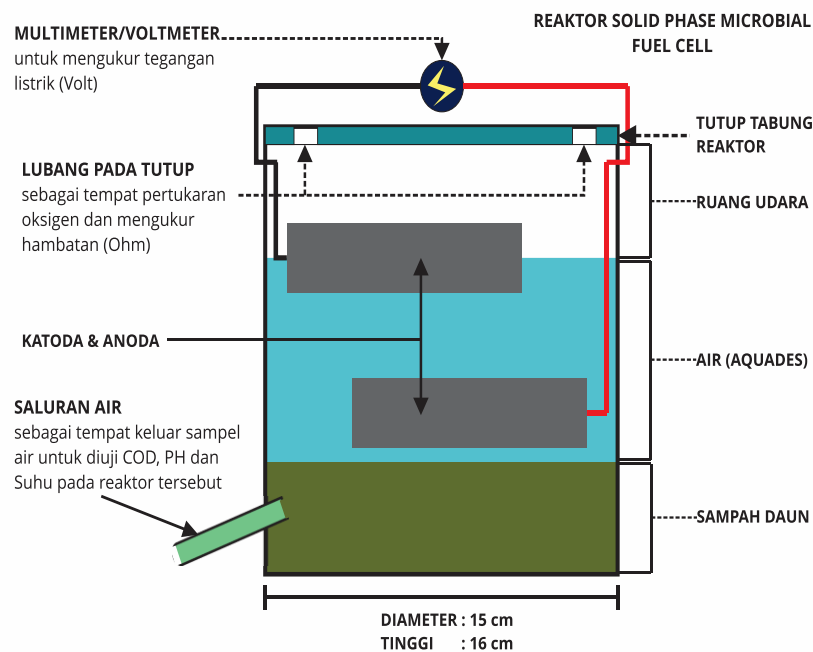
dikonversikan menjadi energi listrik dengan mentransfer elektron dari anoda ke katoda melalui rangkaian listrik (Bond dkk, 2002). Karena perannya tersebut, sumber bakteri yang digunakan harus dapat memaksimalkan penguraian zat organik dan energi listrik dari substrat yang digunakan. Sumber bakteri yang berasal dari sedimen sungai sangat baik dikarenakan adanya bakteri elektrooksigenik. Bakteri elektrooksigenik adalah bakteri yang memiliki kemampuan mentransfer elektron secara ekstraselular (di luar sel) sehingga bakteri ini dapat menghasilkan arus listrik pada rangkaian MFC (Logan, 2009).

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan penelitian dengan penelitian ekperimental, penelitian dengan melakukan observasi.

2.1. Desain Reaktor

SMFC memiliki dua kompartemen yaitu anoda dan katoda yang dihubungkan dengan rangkaian listrik. Anoda merupakan tempat terjadinya proses mendegradasi zat organik dari sampah oleh bakteri. Sedangkan pada katoda sebagai tempat akseptor elektron agar rangkaian listrik bisa terjadi. SMFC pada umumnya kompartemen anoda dan katoda dipisah atau bisa disebut sebagai *Dual Chamber* (Zielke, 2005). Namun, pada penelitian kali ini kompartemen anoda dan katoda berada dalam satu ruangan atau *Single Chamber*. *Single Chamber* lebih menguntungkan karena elektron bisa langsung menuju ke katoda tanpa perlu adanya jembatan garam. Selain itu desain SMFC dengan *Single Chamber*, katoda dapat dipertahankan terus menerus dalam keadaan aerobik sehingga tidak perlu ada aerasi maupun penambahan zat aditif lainnya (Lui dan Logan, 2004). 3 Reaktor digunakan untuk penelitian dengan variasi volume sampah yang berbeda, yaitu 1/3, 1/2 dan 2/3 dari volume reaktor yang digunakan.

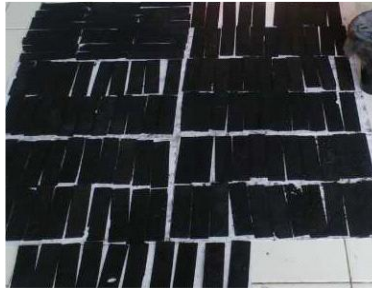


Gambar 1 Desain Reaktor SMFC

2.2. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat reaktor SMFC meliputi sampel sumber bakteri dari sedimen sungai, sampah daun yang sudah dicacah dan aquades. Untuk penggunaan elektrodanya, elektroda yang digunakan yaitu graphene buatan tangan sendiri. Plat aluminium dengan ukuran (5 x 2,5) digunakan sebagai dasar. Sebelum digunakan, plat aluminium direndam terlebih dahulu kedalam HCL 0,1 N (1 hari) dan NaOH 0,1 N (1 hari) (Liu dkk., 2012). Setelah itu, plat aluminium dikeringkan kemudian dilapisi dengan polyurethane, karbon Pensil 2B sebagai penangkap elektron yang dicampurkan dengan larutan polyurethane serta asam Pospat 85% for

analysis EMSURE dan lem Kayu FOX sebagai perekat agar karbon tidak lepas dari plat dan mengurangi keefektifan elektroda.



Gambar 2. Graphene

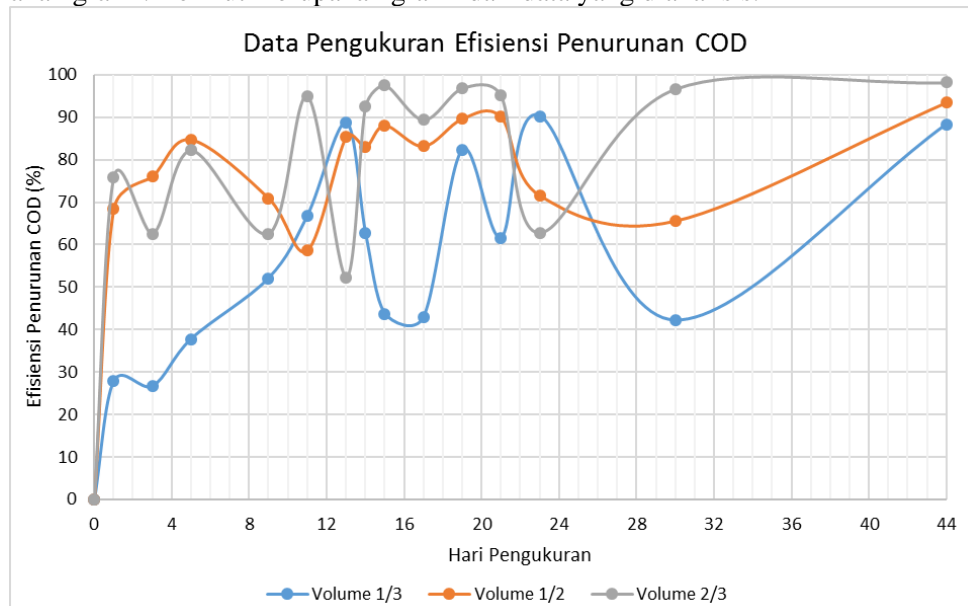
Sedangkan alat yang dibutuhkan pada penelitian kali ini mencakup Reaktor SMFC single chamber lima buah reaktor, spektrofotometer; serta peralatan untuk pengujian parameter yaitu COD rektor, multimeter digital tipe: Heles HE-9030L, China, pH meter dan termometer.

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan melakukan tahap persiapan yaitu pembuatan reaktor. Namun, sebelum itu dilakukan uji pendahuluan pada bahan seperti uji karakteristik sampah pada sampah daun dan uji keberadaan bakteri pada sedimen sungai yang dipakai. Untuk elektroda yang digunakan yaitu graphene buatan sendiri juga dilakukan uji karakteristik. Selanjutnya dilaksanakan tahap penelitian yang dimulai dari proses *seeding* hingga tahap *running* dengan sistem batch. Pada tahap ini dilakukan selama 44 hari yang dibagi menjadi 14 hari proses *seeding*-aklimatisasi dan 30 hari proses *running*. Pada periode tertentu, dilakukan pengambilan sebanyak 15 kali dengan data yang diambil yaitu COD, voltase, hambatan serta suhu dan PH. Kemudian, setelah dilakukan pengambilan data dilakukan perhitungan dan analisis efisiensi penurunan COD serta *Power Density*.

3. Hasil dan Pembahasan

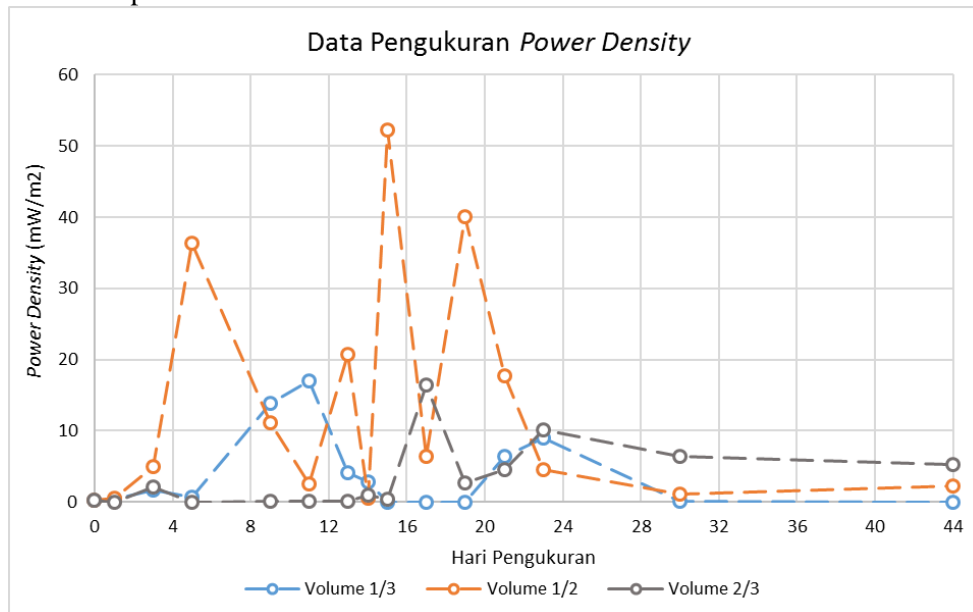
Setelah dilakukan *Running*, data hasil penelitian yang didapat kemudian dianalisis dengan menggunakan grafik. Berikut merupakan grafik dari data yang dianalisis.



Gambar 3. Nilai Efisiensi Penurunan COD

Grafik diatas memperlihatkan efisiensi penurunan COD pada reaktor menggunakan sumber bakteri sedimen sungai mengalami fluktuasi. Peningkatan yang signifikan terjadi dari peralihan H0 ke H13 untuk volume sampah 1/3, namun mengalami penurunan kembali sampai H17 kemudian kembali mengalami peningkatan. Untuk volume sampah 1/2 dan 2/3 mengalami

fluktuasi setiap periode waktu awal dan terus meningkat sampai H44, kecuali pada H21 dan H23 untuk volume 2/3 serta H23 dan H30 pada volume 1/2. Efisiensi penurunan COD tertinggi terjadi pada H44 sebesar 98.2% dengan volume 2/3 dan secara keseluruhan, volume 1/3 memiliki efisiensi penurunan COD terendah.



Gambar 4. Nilai Produksi Listrik

Dari nilai produksi listrik yang diwakilkan oleh nilai *Power Density* (PD), ketiga reaktor menghasilkan nilai puncak yang berbeda pada hari maupun nilainya. Nilai puncak pada volume 1/3, 1/2, dan 2/3 berturut-turut berada pada H11 (17,02 mW/m²), H15 (52,8 mW/m²) dan H17 (16,5 mW/m²). Dari ketiga reaktor tersebut juga menunjukkan hanya volume 1/2 saja yang nilai PDnya melebihi dari nilai 20 mW/m². Terdapat 4 nilai PD yang >20 mW/m² yaitu pada H5 (36,354 mW/m²), H13 (20,736 mW/m²), H15 (52,8 mW/m²) dan H19 (40,133 mW/m²).

Tiga reaktor yang diuji menunjukkan keefektifan yang berbeda pada pengukuran nilai efisiensi penurunan COD dan PD. Nilai efisiensi penurunan COD efektif pada volume 1/3 yang memiliki konsentrasi COD tertinggi. Sedangkan pada nilai PD, yang paling efektif pada volume 1/2. Dilihat dari data tersebut, nilai efisiensi penurunan COD yang tidak bisa memastikan nilai PD yang tinggi pula. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Del Campo dkk (2014). bahwa ada nilai optimum konsentrasi zat organik pada substrat agar produksi listrik yang dihasilkan maksimal. Permasalahan ini juga terjadi pada penelitian yang dilakukan Wang dkk (2014) yang menunjukkan bahwa semakin banyak substrat yang dimasukkan akan menghasilkan konsumsi berlebihan pada MFC dan substrat yang digunakan bukan untuk produksi listrik tetapi untuk melakukan fermentasi. Bisa diartikan bahwa ada nilai optimum substrat yang dimasukkan agar produksi listrik dapat dihasilkan secara maksimal. Dalam penelitian ini, volume 1/2 merupakan volume efektif untuk produksi listrik dengan nilai efisiensi penurunan COD yang baik pula.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Volume sampah dan sumber bakteri mempunyai pengaruh terhadap kinerja SMFC dalam menurunkan kadar COD pada substrat sampah daun yang digunakan. Produksi listrik tidak ditentukan dari semakin banyaknya volume sampah, melainkan adanya nilai volume sampah optimum agar kinerja SMFC bisa berjalan optimal pada penurunan efisiensi COD dan produksi listrik.
2. Volume sampah daun 1/2 merupakan variasi yang paling optimal untuk menurunkan beban pencemar dan produksi listrik. Presentase efisiensi penurunan konsentrasi COD mencapai 88,1% dengan produksi listrik sebesar 52,8 mW/m².

DAFTAR PUSTAKA

- Bond, D.R.; Holmes, D.E.; Tender, L.M.; Lovely, D.R. (2002); *Electrode reducing microorganisms that harvest energy from marine sediments*. Science. 2002, 295, 493-485
- Buffiere, P., Frederic, S., Marty, B., & Delgenes, J. (2008). *A comprehensive method for organic matter characterization in solid wastes in view of assessing their anaerobic biodegradability*, 1783–1789. <http://doi.org/10.2166/wst.2008.517>
- Damayanti, A., Megawati. (2011). *Pengaruh Suhu terhadap Kecepatan Reaksi pada Reaksi Hidrolisi Lignoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Asam Encer pada Kondisi Non-isometral*. Jurnal Kompetensi Teknik Vol.2 Universitas Negeri Semarang.
- Hui, Y., Li'ao, W., Fenwei, S. and Gang, H. (2006) *Urban Solid Waste Management in Chongqing. Challenges and Opportunities Waste Management*, 26, 1052-1062
- Logan, B. E. (2009). *Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells*. Nature Reviews. Microbiology. doi:10.1038/nrmicro2113
- Lui, H.; Logan, B.E.; *Electricity generation using an air-cathode single chamber microbial fuel cell in the presence and absence of a proton exchange membrane*. (2004). Environ. Sci. Tech., 38, 4040-4046
- Moqsud, M. A., Omine, K., Yasufuku, N., Hyodo, M., & Nakata, Y. (2013). Microbial fuel cell (MFC) for bioelectricity generation from organic wastes. Waste Management, 33(11), 2465–2469. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.026>
- Pant, D., Bogaert, G. Van, Diels, L., & Vanbroekhoven, K. (2010). Bioresource Technology A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology*, 101(6), 1533–1543. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.017>
- Wang, C., Liao, F., & Liu, K. (2013). Electrical analysis of compost solid phase microbial fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(25), 11124–11130. <http://doi.org/10.1016/j.ijhydne.2013.02.120>
- Wang, X., Feng, Y., Wang, H., Qu, Y., Yu, Y., Ren, N., Li, N., Wang, E., Lee, H., Logan, B.E., 2009b. Bioaugmentation for electricity generation from corn stover biomass using microbial fuel cells. Environ. Sci. Technol. 43 (15), 6088–6093.
- Wang, Y., Zhang, H., Li, W., Liu, X., & Sheng, G. (2014). Improving electricity generation and substrate removal of a MFC – SBR system through optimization of COD loading distribution. *Bioc hemical Engineering Journal*, 85, 15–20. <http://doi.org/10.1016/j.bej.2014.01.008>
- Zielke, E. A. (2005). *Design of a single chamber Microbial Fuel Cell*