

PENGARUH DOSIS RAGI DAN BEBAN ORGANIK TERHADAP KINERJA DCMFCs DAN GAC-DCMFCs DALAM PRODUKSI LISTRIK DAN EFISIENSI PENURUNAN COD

Ganjar Samudro^{1*}, Sri Sumiyati¹, Bimastyaji S. Ramadan¹, Lintang Iradati¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

*Email: ganjarsamudro@gmail.com

Abstrak

Penelitian skala laboratorium ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan kinerja DCMFCs dan GAC-DCMFCs dalam produksi listrik dan efisiensi penurunan COD yang dipengaruhi oleh dosis ragi dan perbedaan beban organik. DCMFCs disusun dengan dua kompartemen anoda dan katoda yang masing-masing dihubungkan dengan jembatan garam yang telah dipreparasi larutan 1 M NaCl, sedangkan GAC-DCMFCs disusun dengan penambahan media GAC pada ruang anoda. Kompartemen anoda dikondisikan anaerob dan katoda diisi larutan elektrolit 0,15 M KMnO₄, yang dibuat dari plastik dengan volume kerja 600 mL. Dosis ragi divariasikan (1,5; 3; 4,5) g/L. Beban organik divariasikan (0,4; 0,8; 1,2) mg/menit. Rancangan penelitian dibuat secara paralel dengan total sebanyak 18 reaktor dengan pengambilan sampel duplikat. Hasil penelitian didapatkan bahwa dosis ragi 3 g/L dan beban organik 0,8 mg/menit pada kondisi optimum, total kinerja produksi listrik diatas 185 mW/m² dan efisiensi penurunan COD diatas 90% lebih tinggi pada DCMFCs dibandingkan GAC-DCMFCs. Media GAC dalam chamber anoda DCMFCs yang dipengaruhi oleh adanya ragi dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD dan nilai resistensi terhadap transfer elektron.

Kata kunci: COD, DCMFCs, GAC-DCMFCs, listrik, ragi

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun seiring peningkatan jumlah penduduk dan aktifitas di dalamnya. Energi listrik merupakan salah satu energi pokok manusia yang paling banyak dibutuhkan dalam menunjang kegiatan domestik dan non-domestik. Pemenuhan energi listrik didapatkan dari pemanfaatan sumber-sumber energi *unrenewable* yang jumlahnya sangat terbatas dan mengandalkan impor dari negara-negara produksi minyak bumi dan batubara. Pemanfaatan sumber energi *unrenewable* juga menyebabkan peningkatan emisi karbon yang berakibat pada kontribusi pada global warming atau pemanasan global, dengan berbagai akibat lain yang menyertainya. Kondisi ini dapat menimbulkan dampak lingkungan khususnya pencemaran udara dikarenakan adanya emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar minyak (Samudro dkk., 2014). Keterbatasan energi listrik menjadi masalah tersendiri yang memerlukan solusi praktis, melalui berbagai usaha seperti penelitian dan manajemen konservasi energi.

Produksi listrik berbasis microbial telah banyak dilakukan dengan serangkaian penelitian dan telah menghasilkan peningkatan kinerja. *Microbial Fuel Cells* (MFCs) merupakan fuel cell berbasis *microbial* yang banyak dikembangkan dalam rangka peningkatan produksi listrik dan sekaligus sebagai reaktor pengolahan limbah cair, semi cair dan padat, sehingga memberikan manfaat lebih terhadap lingkungan dan konservasi energi. Microbial fuel cell jika digunakan dalam pengolahan limbah, mampu menghasilkan energi yang bersih sebagai bagian dari pengolahan limbah yang efektif (Ghangrekar dan Shinde, 2006). Faktor-faktor berpengaruh terhadap produksi listrik dan pengolahan limbah dalam MFCs meliputi pH, suhu, beban organik, elektroda, jembatan garam, elektrolit, jenis mikroorganisme an-aerobik, biomediator, biokatalis dan konfigurasi reaktor. Semakin tinggi beban organik, maka semakin tinggi produksi listrik dan efisiensi penurunan COD sebagai representatif bahan organik. Menurut Li (2011), konsentrasi COD rendah menghasilkan produksi listrik yang rendah, sedangkan pada konsentrasi COD tinggi akan menghasilkan produksi listrik yang tinggi juga. Namun adanya ragi atau *S. Cerevisiae* digunakan sebagai biokatalis dalam produksi listrik dari sumber karbohidrat (Jafary dkk., 2011), merupakan faktor berpengaruh terhadap kinerja MFCs perlu diinvestigasi dalam rangka mendapatkan kondisi optimum proses.

Selain itu kinerja MFCs juga sangat dipengaruhi oleh konfigurasi MFCs, yang dalam hal ini digunakan konfigurasi Dual Chamber MFCs (DCMFCs) dan Granular Activated Carbon MFCs

(GAC-DCMFCs) sebagai tujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja DCMFCs dan GAC-DCMFCs yang dipengaruhi oleh dosis ragi dan beban organik.

METODOLOGI

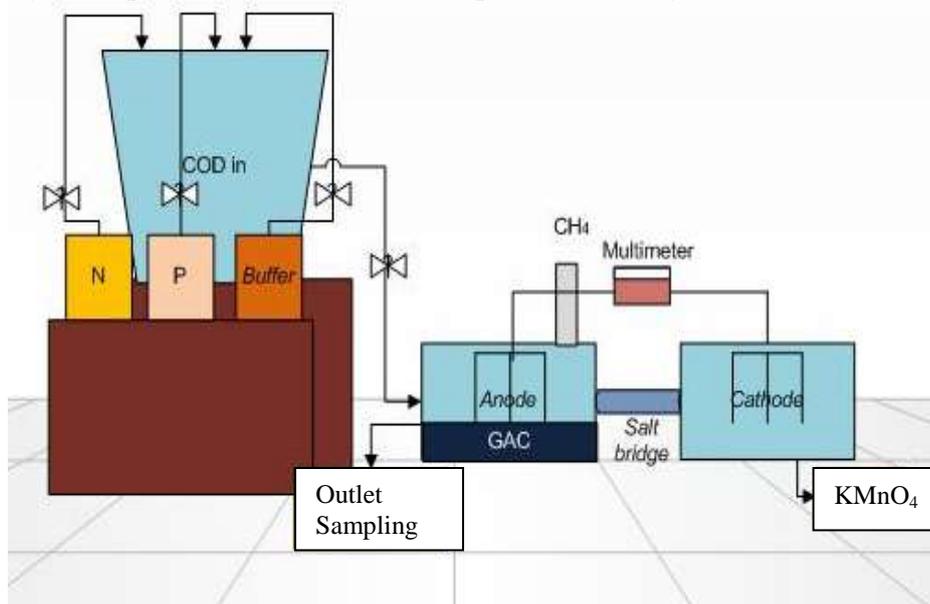
Penelitian ini disusun dengan urutan penentuan variabel penelitian, persiapan reaktor DCMFCs dan GAC-DCMFCs, penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

Penentuan Variabel

Variabel bebas penelitian ini terdiri dari dosis ragi, beban organik dan tipe reaktor MFCs. Dosis ragi divariasikan 1,5 g/L, 3 g/L dan 4,5 g/L, sedangkan beban organik divariasikan 0,4 mg/menit, 0,8 mg/menit dan 1,2 mg/menit. Penelitian yang dilakukan oleh Jiang (2009) dari range COD 200 mg/l – 1.000 mg/l menyebutkan bahwa semakin besar COD yang dibebankan ke reaktor semakin besar pula penyisihannya. Tipe reaktor MFCs terdiri dari dua reaktor, yaitu DCMFCs dan GAC-DCMFCs. Variasi dosis ragi dan beban organik masing-masing diujikan dengan perlakuan yang sama pada dua reaktor DCMFCs dan GAC-DCMFCs untuk dapat dilihat perbedaan kinerja berdasarkan parameter produksi listrik dan efisiensi penurunan COD. Sedangkan variabel kontrol penelitian ini adalah pH, suhu, elektroda, jembatan garam, elektrolit, dan jenis mikroorganisme anaerobik.

Persiapan Reaktor

Penyiapan reaktor DCMFCs dan GAC-DCMFCs dilakukan masing-masing sebanyak 18 unit reaktor secara duplikat, sehingga total reaktor beroperasi sebanyak 36 unit reaktor. Perlakuan diatur sama, sehingga masing-masing mewakili 2 (dua) variabel pada reaktor sejenis. Dimensi 1 (satu) unit reaktor sebesar 10 x 10 x 10 cm³. Waktu detensi reaktor 10 jam (Ardhianto, 2014), serta volume kerja 600 mL dan volume reaktor 1.000 mL (Jiang dan Li, 2009). Pada sistem DCMFCs dan GAC-DCMFCs ini digunakan jembatan garam sebagai penghantar proton dari kompartemen anoda ke katoda, dimana preparasinya menggunakan larutan NaCl 1 M yang memiliki nilai produksi listrik yang tinggi (Kumar dkk., 2012) dengan bahan utama adalah campuran bubuk agar pro analis. Jembatan garam terbuat dari pipa PVC berbentuk U dengan spesifikasi 2,5 cm dan panjang 12 cm (Liu dkk., 2012). Dalam penelitian ini digunakan larutan elektrolit KMnO₄ Pro Analisis (PA) 0,15 M dengan fungsi sebagai penerima donor proton dalam ruang katoda. Elektroda dalam penelitian ini menggunakan grafit rod yang berasal dari batang baterai. Menurut Artadi (2007), grafit rot yang berasal dari grafit baterai memiliki sifat fisis yang hampir sama dengan elektroda grafit yaitu memiliki sifat yang ringan, daya hantar listrik yang tinggi, cocok untuk pertumbuhan mikroba, relatif murah. Sedangkan media lekat GAC yang digunakan sebagai tambahan pada ruang anoda DCMFCs, preparasinya digunakan HCl dan NaOH 1 M yang diketahui dapat meningkatkan power density dan luas mikropori GAC (Wang dkk., 2013).



Gambar 1. Rancangan Reaktor DCMFCs dan GAC-DCMFCs

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan diawali dengan pembuatan larutan organik artifisial sebagai representatif kandungan limbah organik alamiah yang didasarkan pada parameter BOD dan COD. Penggunaan bahan kimia ini ditujukan untuk mendapatkan konsentrasi yang diinginkan. Bahan kimia yang dipakai adalah asam asetat pro-analis asam asetat glasial (98-99,8%) dan glukosa monohidrat. Penggunaan glukosa dan asam asetat ini bertujuan untuk mendapatkan rasio BOD/COD air limbah yang optimal sebesar 0,2 (Putri, 2012). Penggunaan kedua substrat ini juga banyak dilakukan dalam penelitian MFC untuk mendapatkan produksi listrik yang tinggi (Lee dkk., 2007 dan Du dkk., 2007).

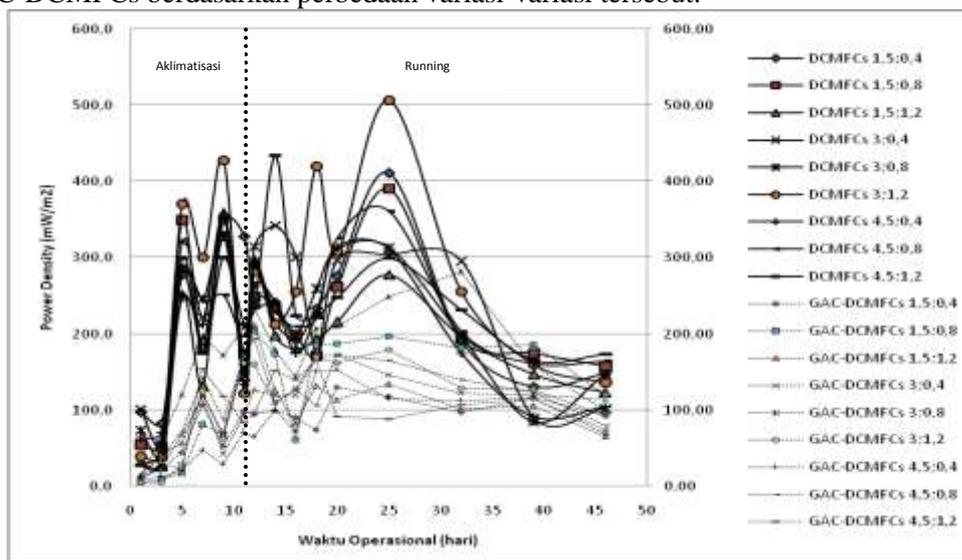
Penelitian Utama

Penelitian utama terdiri dari 3 (tiga) langkah, yaitu seeding mikroba kultur, aklimatisasi dan running. Tahap seeding dan aklimatisasi dikondisikan secara batch selama 11 hari dengan pemberian beban konsentrasi COD secara bertahap 50% dan 100%. Tahapan aklimatisasi dilakukan selama 11 hari dimana tahapan ini diakhiri saat kondisi penyisihan senyawa organik telah konstan dengan tingkat fluktuasi yang tidak lebih dari 10% (Herald, D., 2010). *Seeding* dan aklimatisasi dilakukan secara bersamaan karena pembenihan langsung di dalam reaktor (Indriyati, 2003). Sedangkan tahap running dilakukan selama 35 hari secara kontinyu dengan pengujian kualitas pada hari ke 1, 3, 5, 7, 9, 14, 21, 28, dan 35. Tahapan running dilakukan selama 35 hari berdasarkan penelitian terdahulu dimana dipengaruhi oleh kemampuan jembatan garam yang sudah mulai jenuh (Ardhianto, 2014). Untuk tahapan running dikondisikan secara kontinyu pada 18 unit reservoir masing-masing berukuran 4 liter. 18 unit reservoir ini terdiri dari 6 unit reservoir dengan konsentrasi COD 400 mg/L untuk variasi dosis ragi 1,5 g/L, 3 g/L, dan 4,5 g/L; 6 unit reservoir dengan konsentrasi COD 800 mg/L untuk variasi dosis ragi 1,5 g/L, 3 g/L, dan 4,5 g/L; dan 6 unit reservoir dengan konsentrasi COD 1.200 mg/L untuk variasi dosis ragi 1,5 g/L, 3 g/L, dan 4,5 g/L.

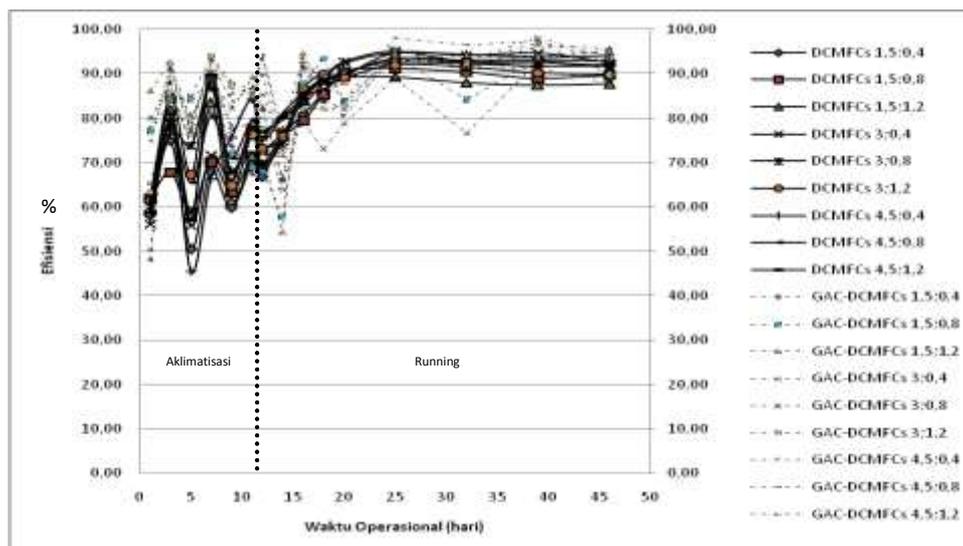
Air limbah dapat diolah secara biologis apabila terdapat nitrogen dan fosfor dalam jumlah yang cukup. Rasio karbon, nitrogen dan fosfor (C:N:P) pada pengolahan biologis yang optimum adalah 100:5:1 (Gray, 2004) sehingga pada penelitian ini, digunakan rasio tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dengan tahapan seeding dan aklimatisasi yang menjadi satu kesatuan, serta dilanjutkan dengan tahapan running. Tahapan seeding dan aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan perbandingan potensi kinerja DCMFCs dan GAC-DCMFCs, yang sekaligus menjadi tahap pengkondisian reaktor sebelum diuji dengan berbagai variasi dosis ragi dan beban organik. Sedangkan tahapan running dilakukan untuk mendapatkan perbandingan kinerja antara DCMFCs dan GAC-DCMFCs berdasarkan perbedaan variasi-variasi tersebut.



Gambar 2. Perbandingan Kinerja DCMFCs dengan GAC-DCMFCs pada Kondisi Batch dan Running berdasarkan Produksi Listrik



Gambar 3. Perbandingan Kinerja DCMFCs dengan GAC-DCMFCs pada Kondisi Batch dan Running berdasarkan Efisiensi Penurunan COD

- **Aklimatisasi**

Dijelaskan pada Gambar 3 untuk efisiensi penurunan COD pada H-9 dan H11 fluktuasi penurunan konsentrasi COD tidak lebih dari 10 %, baik pada reaktor dengan konsentrasi COD 400, 800, maupun 1.200 mg/l.

Pada kondisi batch, produksi listrik DCMFCs lebih tinggi seiring peningkatan dosis ragi dan beban organik dibandingkan GAC-DCMFCs, sedangkan GAC-DCMFCs memiliki efisiensi penurunan COD yang lebih tinggi dibandingkan DCMFCs, sebagaimana Gambar 2 dan Gambar 3. Dosis ragi 3 g/L dan beban organik 1,2 mg/menit merupakan variasi optimum dalam produksi listrik pada DCMFCs dan efisiensi penurunan COD pada GAC-DCMFCs. Dosis ragi optimum dan semakin tinggi beban organik, maka semakin tinggi produksi listrik dan efisiensi penurunan COD.

Kondisi tersebut terjadi karena masih dalam proses adaptasi mikroorganisme terhadap sumber substrat maupun nutrisi. Pada proses aklimatisasi, metabolisme sel masih menjadi batasan faktor yang mempengaruhi hasil listrik dimana metabolisme mikroba sebanding dengan energi listrik yang dihasilkan (Lee dkk., 2007). Proses adaptasi mikroorganisme pada GAC-DCMFCs memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai kondisi optimum efisiensi penurunan COD, namun dalam hal produksi listrik memerlukan waktu yang lebih singkat. GAC dapat memberikan luas area yang tinggi untuk perlekatan mikroba (Liu dkk., 2012). Sifat tambahan dari GAC adalah memiliki sifat konduktivitas listrik dan kemungkinan berfungsi sebagai akseptor elektron (Liu dkk., 2012). Kedua proses dapat menjadi acuan, dimana pengkondisian DCMFCs lebih cepat dibandingkan GAC-DCMFCs, namun proses lanjutan dapat diamati pada saat running.

- **Running**

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, produksi listrik pada DCMFCs lebih tinggi dibandingkan GAC-DCMFCs pada kondisi optimum, sedangkan efisiensi penurunan COD pada GAC-DCMFCs lebih tinggi dibandingkan DCMFCs pada kondisi optimum. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara DCMFCs dengan GAC-DCMFCs menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. DCMFCs memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan GAC-DCMFCs. GAC sebagai media dalam chamber anoda GAC-DCMFCs dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD, namun meningkatkan nilai resistensi transfer elektron dari mikroorganisme ke elektroda. Peningkatan nilai resistensi menyebabkan penurunan kinerja produksi listrik.

Produksi listrik DCMFCs memiliki kecenderungan penurunan setelah running 14 hari, sedangkan GAC-DCMFCs memiliki kecenderungan lebih stabil baik sebelum maupun setelah running 14 hari, walaupun produksi listrik GAC-DCMFCs lebih rendah dibandingkan DCMFCs. Penurunan produksi listrik pada DCMFCs disebabkan pengaruh dosis ragi dan beban organik, sedangkan pada GAC-DCMFCs tidak memberikan pengaruh signifikan atau cenderung stabil.

Sedangkan efisiensi penurunan COD baik DCMFCs maupun GAC-DCMFCs memiliki kecenderungan meningkat dan stabil setelah running 14 hari, walaupun efisiensi penurunan COD tidak memiliki perbedaan signifikan di antara keduanya. Untuk memperkuat analisis pada kondisi running, maka diketengahkan tabel produksi listrik dan efisiensi penurunan COD rata-rata baik pada DCMFCs dan GAC-DCMFCs.

- **Pengaruh Dosis Ragi dan Beban Organik terhadap Kinerja Optimum**

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, kinerja DCMFCs dan GAC-DCMFCs yang dipengaruhi dosis ragi dan beban organik perlu diketahui untuk mendapatkan perbandingan keduanya. Kinerja keduanya yang diukur adalah produksi listrik dan efisiensi penurunan COD.

Tabel 1. Produksi Listrik dan Efisiensi Penurunan COD Rata-Rata Optimum DCMFCs

No.	Dosis Ragi (g/L)	COD (mg/L)	[COD] (mg/menit)	Dosis Ragi;COD	PD rata-rata optimum (mW/m ²)	Efisiensi rata-rata optimum (%)
1	1,5	400	0,4	1,5;0,4	219,97	92,42
2	1,5	800	0,8	1,5;0,8	228,89	90,13
3	1,5	1.200	1,2	1,5;1,2	185,90	88,14
4	3	400	0,4	3;0,4	197,75	94,00
5	3	800	0,8	3;0,8	185,71	93,04
6	3	1.200	1,2	3;1,2	264,79	90,91
7	4,5	400	0,4	4,5;0,4	170,51	94,26
8	4,5	800	0,8	4,5;0,8	222,36	93,11
9	4,5	1.200	1,2	4,5;1,2	217,45	92,20

Tabel 2. Produksi Listrik dan Efisiensi Penurunan COD Rata-Rata Optimum GAC-DCMFCs

No.	Dosis Ragi (g/L)	COD (mg/L)	[COD] (mg/menit)	Dosis Ragi;COD	PD rata-rata optimum (mW/m ²)	Efisiensi rata-rata optimum (%)
1	1,5	400	0,4	1,5;0,4	100,12	93,29
2	1,5	800	0,8	1,5;0,8	170,97	91,71
3	1,5	1.200	1,2	1,5;1,2	101,72	94,15
4	3	400	0,4	3;0,4	125,55	87,43
5	3	800	0,8	3;0,8	197,00	90,99
6	3	1.200	1,2	3;1,2	132,00	93,75
7	4,5	400	0,4	4,5;0,4	109,04	94,63
8	4,5	800	0,8	4,5;0,8	127,06	96,18
9	4,5	1.200	1,2	4,5;1,2	96,09	94,52

Semakin tinggi dosis ragi dan beban organik, maka semakin rendah produksi listrik pada DCMFCs dan GAC-DCMFCs. Sedangkan efisiensi penurunan COD pada DCMFCs, semakin tinggi dosis ragi dan beban organik, maka semakin rendah efisiensi penurunan COD. Peningkatan dosis ragi dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD pada GAC-DCMFCs. GAC merupakan media pertumbuhan yang baik bagi mikroorganisme dalam pembentukan biofilm yang dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD. GAC-DCMFCs menghasilkan produksi listrik lebih kecil dibandingkan DCMFCs, namun efisiensi penurunan COD lebih besar daripada DCMFCs, walaupun tidak signifikan. GAC-DCMFCs meningkatkan nilai resistensi transfer elektron, sehingga produksi listrik lebih rendah dibandingkan DCMFCs, namun efisiensi penurunan COD memiliki kecenderungan meningkat.

Pada beban organik yang sama, dosis ragi 3 g/L menghasilkan produksi listrik yang lebih tinggi dibandingkan dosis ragi 1,5 g/L dan 4,5 g/L. Dosis ragi 3 g/L merupakan dosis ragi optimum dalam produksi listrik dan efisiensi penurunan COD diatas 90%. Hal ini merunut pada penelitian Cahyani (2011), Ghoreyshi (2011) dan Godwin (2012) dimana dosis ragi 3 g/L merupakan dosis ragi optimum, sedangkan Ghangrekar dan Sinde (2006) menjelaskan bahwa MFCs memiliki

efisiensi untuk penurunan COD untuk pengolahan limbah sebesar 90%. Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, efisiensi penurunan COD dari MFCs berkisar antara 90-95%.

Pada dosis ragi yang sama, beban organik 0,8 mg/menit menghasilkan produksi listrik yang lebih tinggi dibandingkan beban organik 0,4 g/L dan 1,2 g/L. Range beban organik optimum baik pada DCMFCs dan GAC-DCMFCs dalam produksi listrik dan efisiensi penurunan COD sebesar 0,4-0,8 mg/menit, dimana produksi listrik cenderung meningkat dengan efisiensi penurunan COD diatas 90%. Peningkatan beban organik dapat memicu timbulnya biofilm dan sekaligus menurunkan transfer elektron atau meningkatkan resistensi transfer elektron. Oleh karena itu pada beban organik yang tinggi, kecenderungan produksi listrik menurun dan meningkatnya efisiensi penurunan COD. Penurunan produksi listrik terjadi karena beberapa hal, yaitu mikroorganisme dapat menghasilkan biofilm yang memiliki efek meningkatkan hambatan dalam dari anoda yang menyebabkan penurunan dari tegangan listrik dan arus yang dihasilkan (Gusphyl, 2004). Biofilm yang terbentuk melapisi elektroda dan menimbulkan efek buruk. Biofilm dapat menghalangi perpindahan elektron dari anoda ke katoda (Li dkk., 2010).

Dosis ragi dan beban organik yang tepat dalam DCMFCs dan GAC-DCMFCs dapat meningkatkan produksi listrik dan efisiensi penurunan COD. Peningkatan tersebut seiring penurunan resistensi transfer elektron, ketebalan biofilm yang proporsional, berkurangnya hambatan internal dikarenakan mass transfer dan beban organik yang proporsional antara substrat organik dalam air limbah dengan adanya tambahan dari ragi.

KESIMPULAN

DCMFCs dan GAC-DCMFCs dengan dosis ragi dan beban organik yang tepat memiliki kecenderungan meningkat kinerjanya. Total kinerja DCMFCs dalam produksi listrik diatas 185 mW/m² dan efisiensi penurunan COD diatas 90% lebih baik dibandingkan GAC-DCMFCs, dengan dosis ragi optimum 3 g/L dan beban organik 0,8 mg/menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas fasilitas uji/analisis dan kolaborasi riset, serta Saudara Bimastyaji S.R. dan Lintang Iradati atas dukungan praktik dan pembuatan DCMFCs – GAC-DCMFCs.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhianto, R., (2014), *Pengaruh Variasi Debit dan Konsentrasi Larutan Elektrolit (KMnO₄) Terhadap Penurunan COD dan Produksi Listrik dalam Reaktor Microbial Fuel Cells (MFCs) Studi Kasus: Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga*, Skripsi S1, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Artadi, A., (2007), *Kemungkinan Penggunaan Elektrode Grafit Batu Baterei sebagai Alternatif pada Spektrografi Emisi untuk Menentukan Unsur Takmurnian Boron dan Kadmium dalam U3O₈*, Skripsi Sekolah Tinggi Nuklir, Yogyakarta.
- Cahyani, Nur Farida, (2011), *Tapioca Waste Water For Electricity Generation in Microbial Fuel Cell (MFC) System*, IPCBEE Volume 6. Sekolah Tinggi Teknologi MIGAS, Balikpapan.
- Du Zhuwei, Li Haoran, dan Gu Tingyue, (2007), *A State of The Art Review on Microbial Fuel Cells: A Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy*, Biotechnology Advances Journal, pg. 464-482.
- Ghangrekar dan Shinde, (2006), *Performance of Membrane-less Microbial Fuel Cell Treating Wastewater and Effect of Electrode Distance and Area on Electricity Production*. Indian Institute of Technology. India.
- Ghoreyshi AA, T Jafary, GD Najafpour, F Haghparast, (2011), *Effect of Type and Concentration of Substrate on Power Generation in a Dual Chambered Microbial Fuel Cell*. Babol Noshirvani University. Iran.
- Godwin Jonathan M, Richard W Evitts, Glyn F Kennell, (2012), *Microbial fuel cell with a polypyrrole/poly (methylene blue) composite electrode*, Electrochemistry Volume 2 Halaman 3–11. University of Saskatchewan. Kanada.
- Gusphyl A, Justin, (2004), *Biofuel Cells as Possible Power Source for Implantable Electronic Device*. University of Pittsbrugh.

- Herald, Denny, (2010), *Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawdangan Sequencing Batch Reactor Aerob*, Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- Indriyati, (2003), *Proses Pembenihan (Seeding) Dan Aklimatisasi Pada Reaktor Tipe Fixed Bed*. Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL-BPPT. Volume 2 Halaman 54-60
- Jafary T, GD Najafpour, A. A Ghoreyshi, F Haghparast, M Rahimnejad, H Zare, (2011), *Bioelectricity Power Generation fram Organic Substrate in a Microbial Fuel Cells Using Saccharomycess cerevisiae as Biocatalyst*, Biotechnology Research Lab., Faculty of Chemical Engineering, Noshirvani University, Babol, Iran.
- Jiang, Daqian and Li, Baikun, (2009), *Granular Activated Carbon Single-Chamber Microbial Fuel Cells (GAC-SCMFCs): A Design Suitable for Large-Scale Wastewater Treatment Processes*, Biochemical Engineering Journal, 47, pg. 31–37.
- Kumar S.,Kumar, H.D dan Gireesh Babu K., (2012), *A Study on The Electricity Generation From The Cow Dung Using Microbial Fuel Cell*, J. Biochem Tech, 3(4): 442: 447.
- Gray NF, (2004), *Biology of Wastewater Treatment Secon Edition*, Dublin University, Ireland.
- Lee Hyung-Sool, Prathap Parameswaran, Andrew Kato-Marcus, Ce’sar I. Torres, Bruce E. Rittmann, (2007), *Evaluation Of Energy-Conversion Efficiencies In Microbial Fuel Cells (Mfcs) Utilizing Fermentable And Non-Fermentable Substrates*, Center for Environmental Biotechnology, The Biodesign Institute at Arizona State University.
- Li, Baikun, Karl Scheible, Michael Curtis, (2011), *Electricity Generation From Anaerobic Wastewater Treatment In Microbial Fuel Cells*, NYSERDA.USA.
- Li Fengxiang, Yogesh Sharma, Lei Yu, Li Baikun, Zhou Qixing, (2010), *Microbial Fuel Cells : The Effects of Configurations, Electrolyte Solutions, and Electrode Materials on Power Generation*, Appl Biochem Biotechnol (160) : 168-181.
- Liu, F. H., Rotaru, A. E., Shrestha, P. M., Malvankar, N. S., Nevin, K. P., dan Lovley, D. R., (2012), *Promoting Direct Interspecies Electron Transfer with Activated Carbon*, Energy Environ. Sci., 5, 8982–8989. doi: 10.1039/C2ee22459c.
- Putri, Arifani Rakhma, (2012), *Penentuan Rasio BOD/COD Optimal Pada Reaktor Aerob, Fakultatif dan Anaerob*. Skripsi S1, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Samudro, G., Hadiwidodo, M. dan Ardhiyanto, R., (2014), *Pemanfaatan Microbial Fuel Cells (MFCs) dalam Produksi Energi Listrik: Studi Variabel Debit Input dan Konsentrasi Elektrolit KMnO4*. Semnas Teknologi Industri Hijau Semarang, BBTPPI, Semarang.
- Wang, Xin, Gao, Ningshengjie, Zhou, Qixing, Dong, Heng, Yu, Hongbing, Feng, Yujie, (2013), *Acidic and Alkaline Pretreatments of Activated Carbon and Their Effects on the Performance of Air-Cathodes in Microbial Fuel Cells*, Bioresource Technology, 144, 632–636.