

PENGARUH KONSENTRASI *CHEMICAL BIOLOGICAL DEMAND* (COD) DAN RAGI TERHADAP KINERJA *DUAL CHAMBER MICROBIAL FUEL CELLS* (DC-MFCs)

Lintang Iradati^{*)}; Ganjar Samudro^{**)}; Sri Sumiyati^{**)}

^{*)} Program Studi Teknik Lingkungan Undip, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang – Semarang

ABSTRACT

Microbial Fuel Cells (MFCs) is a kind of eco-friendly technology and become the future energy resource which is use organic fuel cells that utilize microorganism to convert directly biochemical compounds to energy, the result that suitable for extreme condition, such as waste treatment. In order to improve MFCs performance which is to obtain maximum COD removal and electricity generation, COD concentrations and yeast agent were varied. The system used dual chamber reactor and operated in two phases. Acclimatization phase on 13 days, and running phase on 35 days. COD concentrations varied on 400 mg/l, 800 mg/l, 1,200 mg/l, and yeast agent on 1.5 g/l; 3 g/l; 4.5 g/l. The result were COD removal efficiency obtained at 800 mg/l, 95.1 %; 400 mg/l, 94.8%; 1,200 mg/l, 92.7 %. And the optimum is 1,200 mg/l COD concentrations with 3 gr/l yeast agent, 506,63 mW/m² dan COD removal obtained 92%.

Keyword: *Microbial Fuel Cells, Chemical Oxygen Demand, yeast, power density*

BAB I Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Limbah merupakan permasalahan lingkungan karena secara kuantitas maupun kualitas dapat mengganggu kesehatan manusia, mencemari lingkungan, dan mengganggu kehidupan makhluk hidup (Widayat, 2009). Sebagian besar limbah yang dihasilkan perlu dilakukan pengolahan yang tepat sebelum dibuang ke lingkungan.

Pengolahan limbah secara konvensional membutuhkan energi yang tinggi, sehingga diperlukan teknologi alternatif dengan energi efisien dan dapat menghasilkan energi berkelanjutan (Ghangrekar, M.M dan V. B. Shinde, 2006). *Microbial fuel cell* (MFC) atau sel bahan bakar microbial, merupakan salah satu teknologi sel bahan bakar hayati yang memanfaatkan aktifitas mikroorganisme yang dapat mengubah secara langsung senyawa biokimia menjadi energi listrik (Katz *et al.*, 2003 dalam Permana dkk, 2013:2). Dalam meningkatkan kinerja dari *MFCs* digunakan ragi sebagai biokatalisator dalam proses *MFCs* (Cahyani, F. N dkk, 2011).

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan variasi ragi dan konsentrasi COD, dengan tujuan meningkatkan kinerja reaktor. Penelitian yang dilakukan oleh Baikun Li, *et al.* (2011) juga membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi beban COD (range 600 mg/l – 1000 mg/l), menyebabkan peningkatan efisiensi penyisihan COD dan produksi listrik.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh konsentrasi COD dan ragi yang optimum terhadap kinerja reaktor *microbial fuel cells*.
2. Menentukan konsentrasi ragi dan konsentrasi COD yang optimum pada reaktor *microbial fuel cells*.

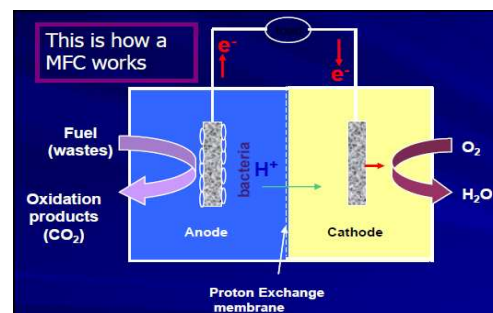
1.3. Manfaat Penelitian

- a. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai pengolahan limbah dengan menggunakan *microbial fuel cells*.
- b. *Microbial fuel cells* dengan penambahan ragi dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan air limbah sehingga dapat menghasilkan konsentrasi effluent air buangan yang kecil dan di bawah ambang batas yang diterapkan serta dapat dijadikan sebagai sumber penghasil listrik.

BAB II Tinjauan Pustaka

2.1. *Microbial Fuel Cells* (MFCs)

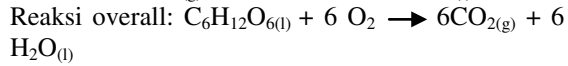
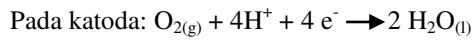
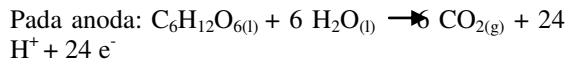
Microbial fuel cell (MFC) atau sel bahan bakar microbial, merupakan salah satu teknologi sel bahan bakar hayati yang memanfaatkan aktifitas mikroorganisme yang dapat mengubah secara langsung senyawa biokimia menjadi energi listrik (Katz *et al.*, 2003 dalam Permana dkk, 2013:2). *Microbial Fuel Cell* adalah alat untuk mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik dengan bantuan reaksi katalis dari mikroorganisme (Allan dan Benneto 1993 dalam Logan, 2007:4).



Gambar 2. 1 *Microbial Fuel Cells*

Sumber : Liu *et. al*, 2004: 8

Reaksi yang berlangsung pada MFC dengan substrat berupa glukosa dan oksigen sebagai elektron aseptor adalah sebagai berikut :

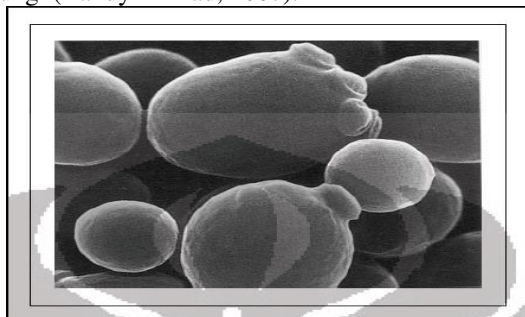


MFC dari sebuah ruang anodik dan katodik ruang dipisahkan oleh PEM. MFC menghilangkan kebutuhan untuk ruang katodik dengan mengekspos katoda langsung ke udara. Tabel (2.2) menunjukkan komponen MFC dan bahan yang digunakan untuk membangun mereka (Lovely DR, 2006 dalam L. Veeranjanya Reddy, 2010:6). Ada jenis Mei PMF memiliki dikembangkan dalam kemajuan teknologi untuk meningkatkan densitas daya:

1. Dua-kompartemen sistem MFC
2. Singlecompartment Sistem MFC
3. Up-flow modus sistem MFC
4. Stacked sel bahan bakar mikroba

2.2. Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*)

Mikroorganisme yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Ragi). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme uniseluler non patogenik yang digolongkan dalam kingdom fungi (Randy Ahmad, 2007).



Gambar 2.2. *Saccharomyces cerevisiae*

Sumber: www.bath.ac.uk dalam Randy Ahmad, 2007

Klasifikasi *S. cerevisiae*:

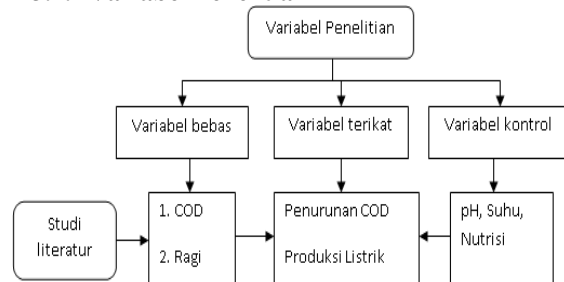
Kingdom : *Fungi*
 Filum : *Ascomycota*
 Kelas : *Hemiascomycetes*
 Ordo : *Saccharomycetales*
 Genus : *Saccharomyces*
 Spesies : *Saccharomyces cerevisiae*

Sumber: Randy Ahmad, 2007

Penggunaan *Ragi* dalam MFCs telah dilakukan secara sederhana oleh Benetto (1990) dalam Randy (2007).

BAB III Metodologi Penelitian

3.1. Variabel Penelitian

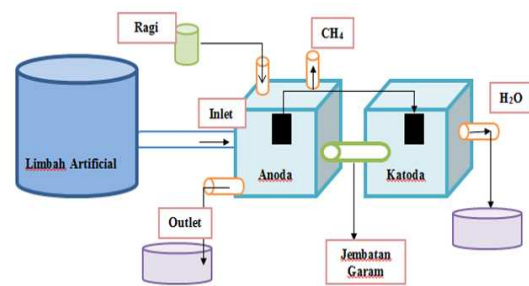


Gambar 3.1 Variabel Penelitian

3.2. Desain Reaktor

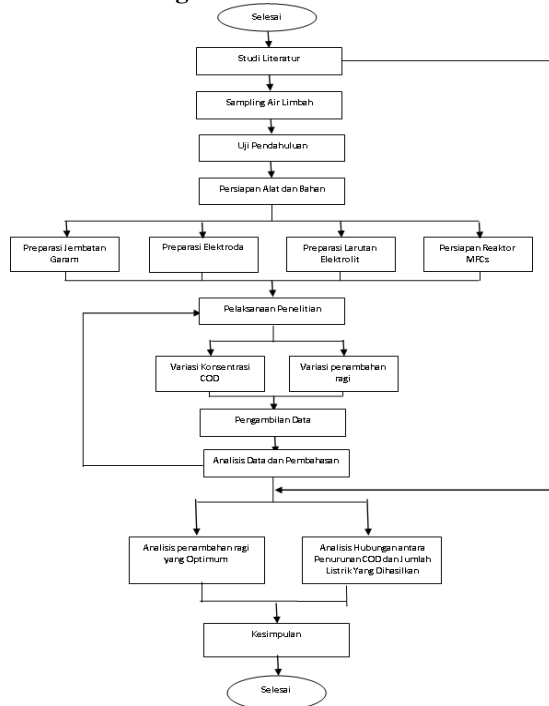
Tabel 3.1 Reaktor Berdasarkan Konsentrasi COD dan Penambahan Ragi

| Nama Reaktor | Konsentrasi COD | Jumlah Ragi |
|--------------|-----------------|-------------|
| 1 | 400 mg/l | 1,5 g/l |
| 2 | 400 mg/l | 3 g/l |
| 3 | 400 mg/l | 4,5 g/l |
| 4 | 800 mg/l | 1,5 g/l |
| 5 | 800 mg/l | 3 g/l |
| 6 | 800 mg/l | 4,5 g/l |
| 7 | 1200 mg/l | 1,5 g/l |
| 8 | 1200 mg/l | 3 g/l |
| 9 | 1200 mg/l | 4,5 g/l |



Gambar 3. 1 Skema Reaktor Microbial fuel cells

3.3. Metodologi Penelitian



BAB IV Hasil dan Pembahasan

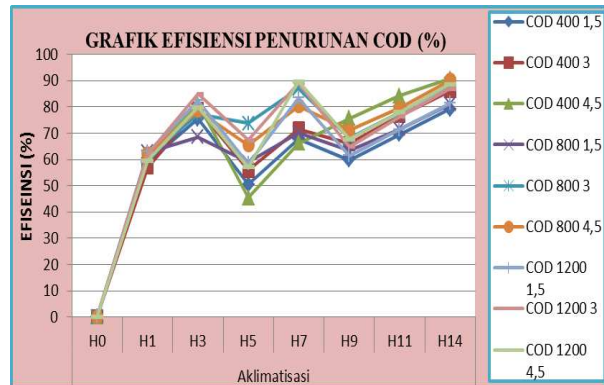
4.1. Karakteristik Limbah

Konsentrasi COD yang terkandung di dalam limbah mempengaruhi hasil dari produksi listrik. Sebagai sumber karbon untuk generasi bioelectricity serta tujuan pengolahan air limbah. Acetate (Liu *et al*, 2005 dalam Ghoreyshi *et al*, 2011) dan glukosa (Lovley, 2003 dalam Ghoreyshi *et al*, 2011) sebagai substrat yang paling umum digunakan, dan untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam pengolahan limbah digunakan rasio COD/BOD limbah 0,2. Mangkoediharjo, (2010) menyatakan rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologis adalah di dalam range *biodegradable* yaitu 0,2-0,5.

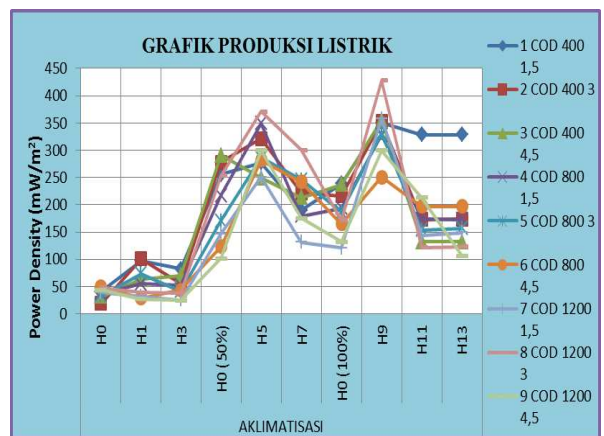
Tabel 4. 1 Uji Karakteristik Air Limbah

| No | Jenis Limbah | COD (mg/l) | pH |
|----|--------------|------------|------|
| 1 | Perumahan A | 381.7 | 7,34 |
| 2 | Perumahan B | 889.5 | 7,12 |
| 3 | Limbah Tahu | 1400 | 7,3 |

4.2. Hasil dan Pembahasan Tahap Seeding dan Aklimatisasi (Batch)



Gambar 4. 1 Grafik Efisiensi Penurunan COD Tahap Aklimatisasi



Gambar 4. 2 Grafik Produksi Listrik Tahap Aklimatisasi

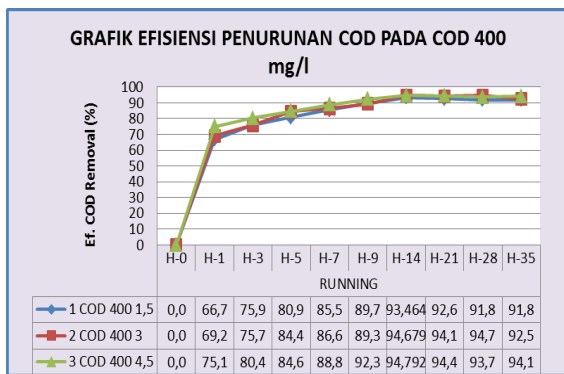
Tahap aklimatisasi dilakukan selama 14 hari. Dalam Herald Herald, (2010) dalam Fauzia *et al*,(2012) titik akhir aklimatisasi dicapai ketika penurunan COD sudah stabil. Setelah dilakukan tahap aklimatisasi selama 14 hari, dan dari hasil penurunan COD yg stasioner (dengan tingkat fluktuasi kurang dari 10%) untuk diteruskan ke proses selanjutnya yaitu *running* (Septyana, 2014).

Hasil produksi listrik pada tahap aklimatisasi ini terjadi peningkatan yang cukup baik pada H-9 tahap aklimatisasi, karena pada H-9 tersebut dilakukan penambahan ragi pada masing-masing reaktor. Hasil dari tahap aklimatisasi ini adalah efisiensi COD pada tahap aklimatisasi berkisar antara 79-91%. Efisiensi penurunan COD terkecil pada reaktor dengan konsentrasi COD 400 mg/l dan penambahan ragi 1,5 gr/l yaitu sebesar 79,3 %, sedangkan efisiensi penurunan terbesar pada reaktor dengan konsentrasi COD 400 dan penambahan ragi 4,5 gr/l yaitu sebesar 90,77%. Ditinjau dari hasil produksi listrik juga sudah mengalami kestabilan dimulai pada hasil ke 9 aklimatisasi.

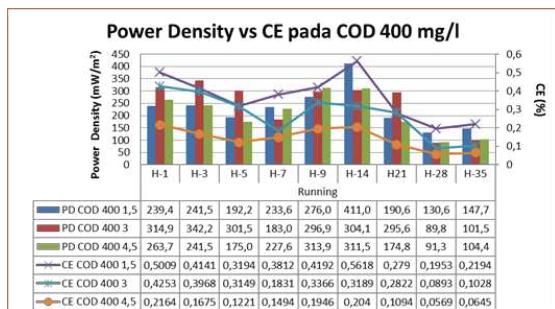
4.3. Hasil dan Pembahasan Tahap *Running*

Reaktor MFCs dioperasikan dalam kondisi kontinyu pada tahap *running*. Sistem dihubungkan menggunakan selang ke 6 reservoir yang berisi ragi dengan konsentrasi masing-masing 1,5 g/l; 3 g/l; dan 4,5 g/l dan COD artifisial dengan konsentrasi 400 mg/l; 800 mg/l dan 1200 mg/l dengan debit yang dijaga 1 ml/menit.

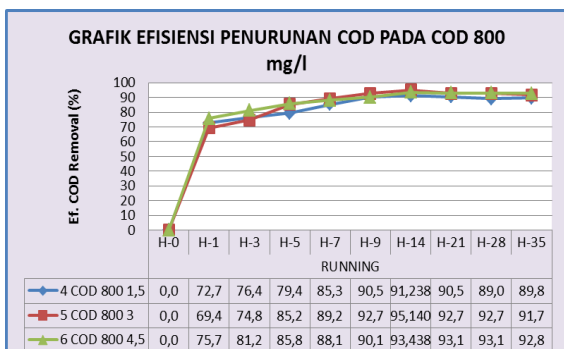
Tahap *running* dilakukan selama 35 hari dimulai dari tanggal 1 Oktober 2014. Pengambilan sample pada tahap *running* dilakukan pada H-1, H-3, H-5, H-7, H-9, H-15, H-21, H-28, H-35. Analisis yang dilakukan pada tahap *running* sama dengan tahap aklimatisasi, yaitu pengambilan sample COD *effluent*, pengambilan *voltage* dan arus listrik, selain itu juga dilakukan pengukuran terhadap suhu, dan pH.



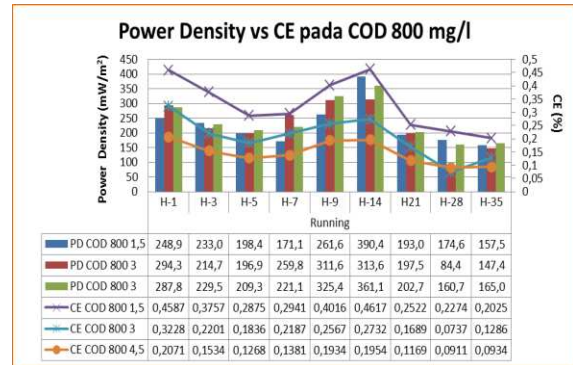
Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Penurunan COD pada COD 400 mg/l



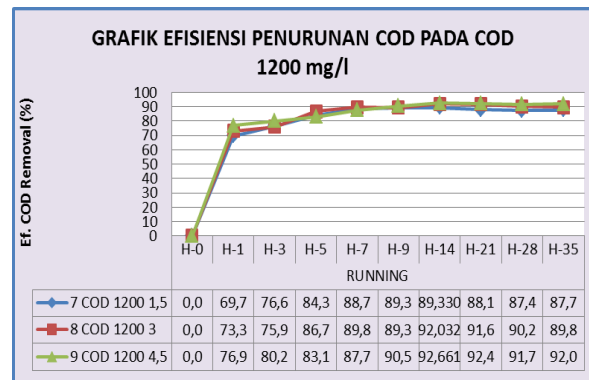
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Produksi Listrik pada COD 400 mg/l



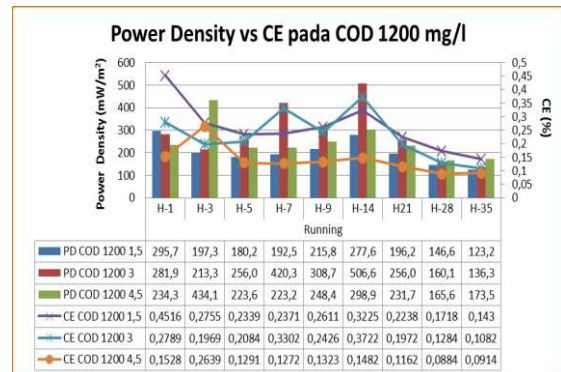
Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi Penurunan COD 800 mg/l



Gambar 4. 6 Hasil Produksi Listrik pada COD 800 mg/l



Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Penurunan COD 1200 mg/l



Gambar 4. 8 Grafik Produksi Listrik pada COD 1200 mg/l

Dari hasil yang diperoleh nilai penurunan COD dari COD 400, 800, dan 1200 mg/L dan pada penambahan masing-masing ragi 1,5 ; 3; 4,5 gr/L pada H-1 memiliki efisiensi penurunan dari 66-77% dan meningkat hingga 90-95% yang rata-rata terjadi pada H-14.

Efisiensi penurunan COD tertinggi yaitu 95,1%, terdapat pada reaktor COD 800 mg/L dan penambahan ragi 3 gr/L. Pada Ghangrekar et al., (2006) menjelaskan bahwa MFC's memiliki efisiensi untuk penurunan COD untuk pengolahan limbah sebesar 90%.

Hasil dari produksi listrik, jumlah penambahan ragi yang terbaik untuk produksi

listrik adalah 3 gr/l untuk COD 1200 mg/l dengan hasil *power density* 506,63 mW/m² dan 1,5 gr/l untuk COD 400 mg/l dan 800 mg/l dengan hasil *power density* masing-masing sebesar 411,03 dan 390,42 mW/m². Dan untuk hasil CE (*Coulombic Efficiency*) diperoleh hasil terbaik pada penambahan ragi sebesar 3 gr/l karena pada konsentrasi tersebut nilai CE stabil. Pada COD 400 mg/l; 800 mg/l; dan 1200 mg/l masing-masing berkisar antara 0,1-0,42%; 0,1-0,32%; 0,11-0,37%. Secara keseluruhan hasil dari penelitian kinerja *MFCs* optimum pada reaktor dengan konsentrasi COD 1200 mg/l sesuai dengan pernyataan Baikun Li (2011), konsentrasi COD rendah menghasilkan produksi listrik yang rendah, sedangkan pada konsentrasi COD yang tinggi akan menghasilkan produksi listrik yang tinggi juga. dan penambahan ragi 3 gr/l (Cahyani, 2011 ; Ghoresyi, 2011; Godwin, 2012). Dengan nilai efisiensi penurunan COD terbesar H-14 yaitu 92%, dan pada kondisi *steady state* sebesar 90,9% dengan *power density* yang dihasilkan pada H-14 506,63 mW/m², pada kondisi *steady state* 264,79 mW/m².

Secara keseluruhan nilai konsentrasi COD dan ragi yang optimum untuk meningkatkan kinerja *MFCs* diperoleh pada konsentrasi COD 1200 mg/l dan ragi 3 gr/l. Hal ini karena pada reaktor tersebut dihasilkan nilai *power density* terbesar yaitu 506,63 mW/m² dan dengan efisiensi COD *removal* sebesar 92,03%. Sedangkan pada kondisi *steady state* efisiensi penurunan COD sebesar 90,9% dengan *power density* 264,79 mW/m².

Dari grafik terlihat hasil produksi listrik mengalami penurunan pada hari ke 21. Penurunan produksi listrik terjadi karena beberapa hal, yaitu mikroba dapat menghasilkan biofilm yang memiliki efek meningkatnya hambatan dalam dari anoda yang menyebabkan penurunan dari tegangan listrik dan arus yang dihasilkan (Gusphyil, 2004). Biofilm yang terbentuk melapisi elektroda dan menimbulkan efek buruk. Biofilm dapat menghalangi perpindahan proton dari anoda ke katoda (Li et al, 2010). Polarisasi elektroda terjadi pada kompartemen anoda ketika pengukuran elektrokimia sudah melewati arus maksimalnya (Bruce et al, 2006). Dalam metabolisme bakteri menghasilkan gas hidrogen, dimana gas hidrogen akan terakumulasi seiring dengan waktu. Gas hidrogen akan menutupi anoda dan mengurangi transfer elektron sehingga produksi listrik menurun (Zahara, 2011). Fluktuasi dari produksi listrik juga dipengaruhi oleh metabolisme dari bakteri di dalam anoda (Novitasari, 2011).

BAB V Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan COD memiliki pengaruh dalam kinerja *MFCs*. Semakin tinggi konsentrasi substrat, maka semakin tinggi nilai COD yang disisihkan dan

penggunaan ragi 3 gr/l mampu meningkatkan kinerja *MFCs*.

2. Pada konsentrasi COD 1200 mg/l dan ragi 3 g/l merupakan variasi optimum dalam menghasilkan produksi listrik dan efisiensi penurunan COD.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan upaya untuk mengurangi hambatan *internal* dalam peningkatan hasil produksi listrik.

2. Penelitian sebaiknya dilakukan pada tempat yang tidak langsung terkena sinar matahari untuk menghindari peningkatan suhu yang ekstrim

Daftar Pustaka

- Indriyati. 2003. *Proses Pembenihan (Seeding) Dan Aklimatisasi Pada Reaktor Tipe Fixed Bed*. Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL-BPPT. Volume 2 Halaman 54-60
- Cahyani, Nur Farida. 2011. *Tapioca Waste Water For Electricity Generation in Microbial Fuel Cell (MFC) System*. IPCBEE Volume 6. Sekolah Tinggi Teknologi MIGAS. Balikpapan.
- 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.
- Gusphyil A, Justin. 2004. *Biofuel Cells as Possible Power Source for Implantable Electronic Device*. University of Pittsburgh.
- Jafary T, GD Najafpour, A. A Ghoreyshi , F Haghparast, M Rahimnejad, H Zare. 2011. *Bioelectricity Power Generation from Organic Substrate in a Microbial Fuel Cells Using Saccharomyces cerevisiae as Biocatalyst*. Biotechnology Research Lab., Faculty of Chemical Engineering, Noshirvani University, Babol, Iran.
- Kristin, Ester. 2012. *Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe (Skripsi)*. Universitas Indonesia. Jakarta.

- Li, Baikun; Karl Scheible; Michael Curtis. 2011. *Electricity Generation From Anaerobic Wastewater Treatment In Microbial Fuel Cells*. NYSERDA . USA.
- Logan, Bruce E. 2008. *Microbial Fuel Cells*. Willey, Penn State University . USA.
- Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus Bulgaricus (Skripsi)*. Universitas Indonesia . Depok.
- Pant, Deepak *et al.*, 2009. *A review of The Substrates Used in Microbial Fuel Cells (MFCs) for Sustainable Energi Production*. Separation and Conversion Technology, VITO – Flemish Institute for Technological Research, Boeretang 200, Mol 2400, Belgium.
- Permana, Dani, Hari R, Haryadi, Herlin E, Putra, Wesry Juniaty, Saadah D. Rachman, Safri Ishmayana. 2013. *The Evaluation of Methylene Blue as Electrone Mediator in Microbial Fuel Cell with Acetobacter aceti biocatalyst*. 8(1). 78-88
- Reddy, Veeranjanya; S. Pradeep Kumar; dan Young-Jung Wee. 2010. *Microbial Fuel Cells (MFCs) - a novel source of energy for new millennium*. Vemana University. India.
- Septyana, Ian. 2014. *Pengaruh Variasi Debit Dan Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan Cod Dan Produksi Listrik Di Dalam Reaktor Microbial Fuel Cells (MFCs) Studi Kasus. Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga*
- Zahara, Nova Chisilia. 2011. *Pemanfaatan Saccharomyces Cerevisiae dalam Sistem Microbial Fuel Cell Untuk Produksi Energi Listrik (Skripsi)*. Universitas Indonesia. Depok.