

# PENGARUH VARIASI DEBIT DAN JUMLAH ELEKTRODA TERHADAP PENURUNAN COD DAN PRODUKSI LISTRIK DALAM REAKTOR MICROBIAL FUEL CELLS (MFCs) Studi Kasus: Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga

Ian Septyana\*, Rachmad Ardianto Ganjar Samudro

Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

\*Email: ian\_septyana@yahoo.co.id

## Abstrak

This research is a wastewater treatment miniature using microbial fuel cells (MFCs) reactor. The purpose of this study to find the optimum flowrate and total electrode to decrease concentration of COD and electricity production in microbial fuel cells (MFCs) reactor can optimum too. The best reactor of this research is reactor 1 where using flowrate 0,1 l/h and total electrode 3. In reactor 1 show that effluent concentration is 56,67 mg/l while for electricity production is 550 mV.

*Keywords : Microbial fuel cells, flowrate, total electrode, COD, electricity production*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar fosil, terutama oil dan gas, dalam beberapa tahun terakhir sudah meningkat dan menjadi pemicu krisis energi global. Sebuah teknologi menggunakan *microbial fuel cells* (MFCs) mengkonversi energi di rantai kimia pada senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalis dari mikroorganisme [6].

Salah satu yang berpengaruh pada nilai efisiensi pengurangan kadar COD dan listrik yang dihasilkan dalam reaktor *microbial fuel cell* adalah waktu tinggal (td), dalam penelitian yang dilakukan di NYSERDA (*New York State Energy Research and Development Authority*) menggunakan 3 variasi debit dan yang optimal adalah pada waktu 20 menit. Untuk meningkatkan performa MFCs, material anoda harus memiliki *surface area* yang lebih besar [3]. Dengan penjelasan seperti itu maka jumlah elektroda menjadi berpengaruh, karena semakin banyak elektroda maka semakin besar juga *surface area* nya. Akan tetapi menurut Kim (2008), terdapat syarat jarak yang dapat digunakan yaitu antara 2 – 4 cm untuk masing-masing elektroda.

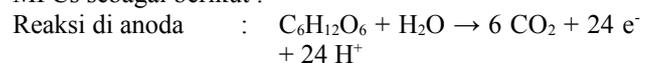
Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana mengolah limbah RPH dengan menggunakan MFC. Selain dapat menurunkan kandungan parameter di air limbah dapat juga menghasilkan listrik sebagai hasil sampingannya. Dengan dasar tersebut juga

didapatkan hipotesis bahwa semakin kecil debit yang digunakan dan semakin besar *surface area* areanya maka penurunan kadar parameter air limbah dan besar listrik yang dihasilkan akan semakin besar.

## 2. Dasar Teori

Microbial fuel cells (MFCs) adalah alat *bioelektrokimia* yang dapat mengkonversi energi kimia pada zat organik pada air limbah atau *biomass* menjadi listrik dengan katalis dari mikroorganisme[5]

Pada MFCs bakteri melekat pada anoda yang mengoksidasi substrat organik dan melepas elektron dan proton. Proton pada anoda *chamber* pindah melalui membran ke katoda *chamber*, ketika elektron lepas dari bakteri ke elektroda (anoda) pada *chamber* yang sama dan kemudian melalui sirkuit ke katoda dimana mereka menyatu dengan proton dan oksigen untuk membentuk air. Pada cara ini listrik dapat diproduksi. Bahan kimia lain seperti nitrat, sulfat dan mangan dapat dijadikan akseptor proton [5]. Secara teori, maksimum potensial dapat dihitung sesuai dengan reaksi *biochemical* pada MFCs sebagai berikut :



## 3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini dibagi menjadi 2 variabel, variabel bebas yaitu variasi debit dan jumlah elektroda, sedangkan variabel terikat adalah konsentrasi COD dan produksi listrik.

Untuk variabel bebas variasi debit adalah 0,3 l/jam, 0,15 l/jam, dan 0,1 l/jam dan variasi untuk jumlah elektroda adalah 1, 2 dan 3. Dimana jarak dari setiap elektroda adalah 2 cm.

**Tabel 1 Variasi debit dan jumlah elektroda**

No.	Variasi Debit	Variasi Jumlah Elektroda
1.	0,3	1
		2
		3
2.	0,15	1
		2
		3
3.	0,1	1
		2
		3

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Variabel terikat pada penelitian ini adalah konsentrasi COD dan produksi listrik yang dihasilkan dari proses mekanisme bakteri didalam reaktor MFCs.

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

Sebelum dilakukan penelitian, perlu dianalisis karakteristik dari sampel air limbah RPH kota salatiga.

**Tabel 2 Karakteristik Limbah RPH Kota Salatiga**

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
1	COD	mg/l	236,67	200 mg/l (Permenlh No. 2 Thn 2006)
2	pH		7,92	6 – 9 (Permenlh No. 2 Thn 2006)
3	Kuat Arus	mA	0,001	
4	Tegangan	mV	0,1	

Sumber: Hasil Analisis, 2013

##### 4.1. Hasil dan Pembahasan Aklimatisasi

Tahap Aklimatisasi merupakan tahap pengadaptasian mikroorganismenya yang terkandung dalam lingkungannya. Pada penelitian ini tahap aklimatisasi dilakukan dengan sistem *batch*. Pada tahap aklimatisasi ini air limbah yang digunakan adalah limbah artificial.

**Table 3 Reaktor berdasarkan variasi debit dan jumlah elektroda**

Nama Reaktor	Debit	Jumlah Elektroda	Sistem
1	0,3 l/jam	3	Batch
2	0,3 l/jam	2	Batch
3	0,3 l/jam	1	Batch
4	0,15 l/jam	3	Batch
5	0,15 l/jam	2	Batch
6	0,15 l/jam	1	Batch

7	0,1 l/jam	3	Batch
8	0,5 l/jam	2	Batch
9	0,1 l/jam	1	Batch

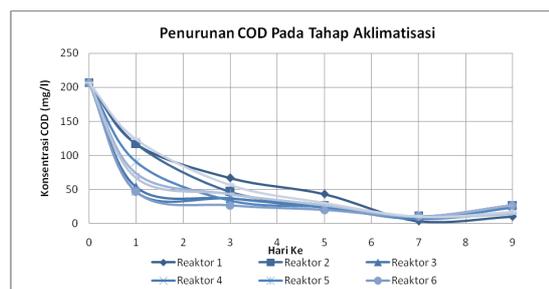
Sumber: Hasil Analisis, 2013

#### Penurunan COD

**Tabel 4 Kualitas COD effluent tahap aklimatisasi**

Hari ke	COD out mg/l								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	206.	206.	206.	206.	206.	206.	206.	206.	206.
1	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	116.	116.	53.3	46.6	90.0	46.6	73.3	66.6	123.
3	67	67	3	7	0	7	3	7	33
	66.6	46.6	36.6	36.6	33.3	26.6	43.3	43.3	56.6
5	7	7	7	7	3	7	3	3	7
	43.3	26.6	23.3	23.3	23.3	20.0	26.6	26.6	30.0
7	3	7	3	3	3	0	7	7	0
	3.33	10.0	10.0	6.67	6.67	10.0	10.0	10.0	10.0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10.0	26.6	26.6	16.6	23.3	26.6	26.6	13.3	16.6
	0	7	7	7	3	7	7	3	7

Sumber: Hasil Analisis, 2013



**Gambar 1 Penurunan COD pada tahap aklimatisasi**

Sumber: Hasil Analisis, 2013

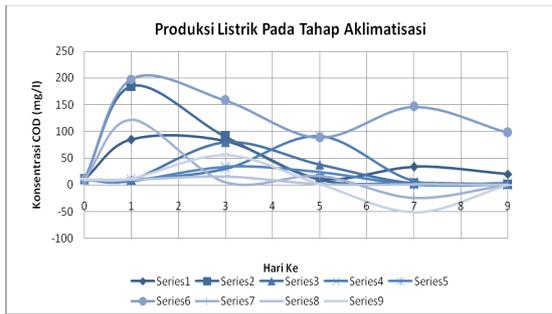
Hasil penyisihan COD pada tahap aklimatisasi terbesar terjadi pada reaktor 1 hari ke-7 sebesar 3,33 mg/l. Reaktor ini memiliki jumlah elektroda 3, dimana menurut Zhang (2012) dengan anoda yang memiliki *surface area* yang besar akan bagus untuk tempat melekatnya bakteri sehingga penurunan COD yang terjadi pun akan besar.

#### Produksi Listrik

**Tabel 5 Produksi Listrik tahap aklimatisasi**

Hari ke	Voltage (mV)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1	85	185	9.6	10.3	7.2	198	122	10.1	11.9
3	82.2	90.4	80	30.5	34	158	5	16	56
5	12.4	10.4	38	91.3	23.5	88.2	16.37	2.1	1.4
7	34	3.8	2.4	7.2	0.2	146	-24.5	1.3	-51
9	20	1.2	1.4	3.2	0.2	98	0	0.3	0

Sumber: Hasil Analisis, 2013



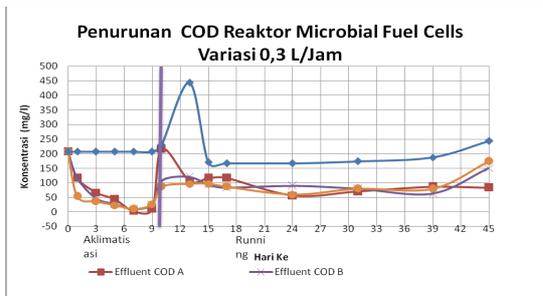
Gambar 2 Produksi listrik pada tahap aklimatisasi  
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Hasil produksi listrik pada tahap aklimatisasi terbesar terjadi pada reaktor 1 hari ke-1 sebesar 198 mV. Reaktor ini merupakan reaktor dengan jumlah elektroda 1. Pada tahap ini masih dalam penyesuaian oleh bakteri maka untuk produksi listrik ini tidak mendapatkan hasil yang sesuai.

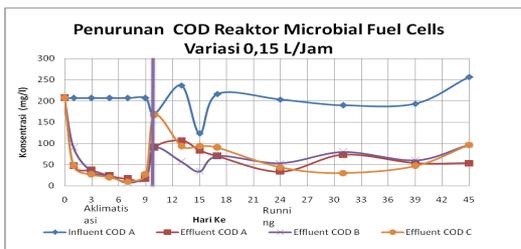
4.2. Hasil dan Pembahasan Tahap Running.

Proses *running* dilakukan selama 35 hari dan dimulai pada tanggal 7 September sampai 11 Oktober 2013. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 9 kali yaitu pada hari ke-0, 3, 5, 7, 14, 21, 28, dan 35. Pengambilan sampel pertama dilakukan pada tanggal 7 September yang merupakan hari ke-0.

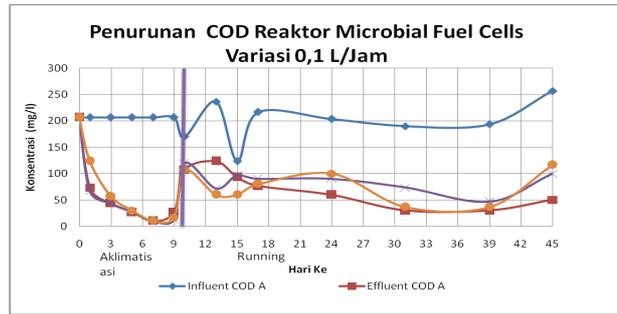
Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penurunan COD



Gambar 3 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Debit 0,3 l/jam,  
Sumber: Hasil Analisis, 2013



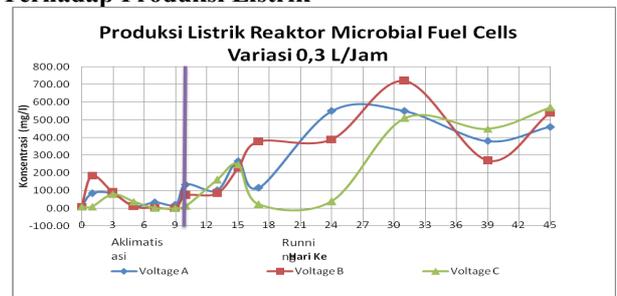
Gambar 4 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Debit, 0,15 l/jam,  
Sumber: Hasil Analisis, 2013



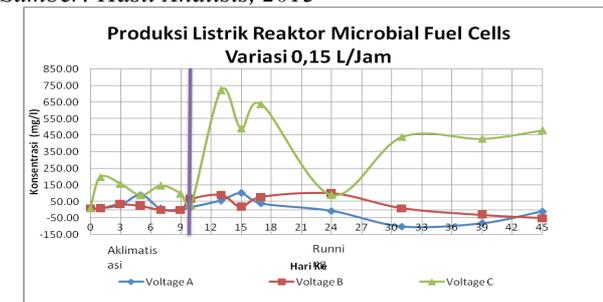
Gambar 5 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Debit 0,1 l/jam  
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Grafik di atas menunjukkan bagaimana ketiga variasi debit bekerja terhadap penurunan COD. Dari grafik diatas terdapat perbedaan bentuk dari grafik dikarenakan pengaruh dari setiap debit terhadap penurunan COD berbeda. Debit 0,3 l/jam memiliki kestabilan yang lebih bagus dari semua variasi debit yang lain walau memang dihari ke-35 terjadi kenaikan sma seperti yang lain. Untuk debit 0,15 l/jam penurunan COD setelah bakteri stabil dari *shock loading* terus mengalami penurunan sampai hari ke-21, setelah itu *effluent* naik kembali, walau secara persentase masih bagus. Sedangkan debit 0,1 l/jam terjadi sedikit fluktuasi, meskipun demikian *effluent* nya masih bagus bahkan dari keseluruhan debit yang digunakan *effluent* paling bagus terdapat pada debit ini yaitu pada hari ke-21 dan 28 sebesar 30 mg/l.

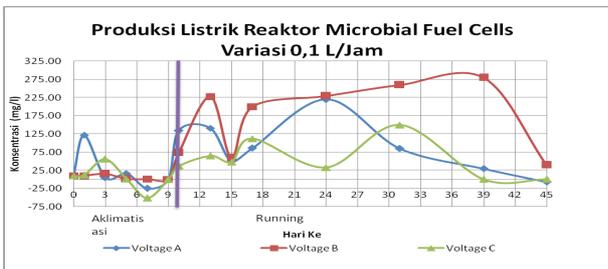
Terhadap Produksi Listrik



Gambar 6 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Debit 0,3 l/jam  
Sumber: Hasil Analisis, 2013



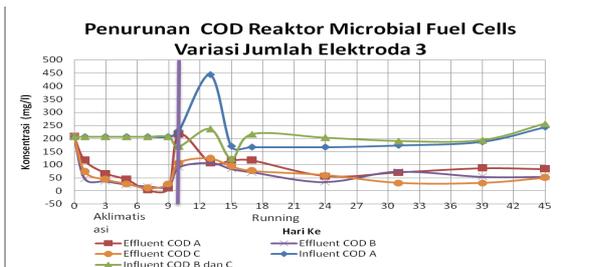
Gambar 7 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Debit, 0,15 l/jam  
Sumber: Hasil Analisis, 2013



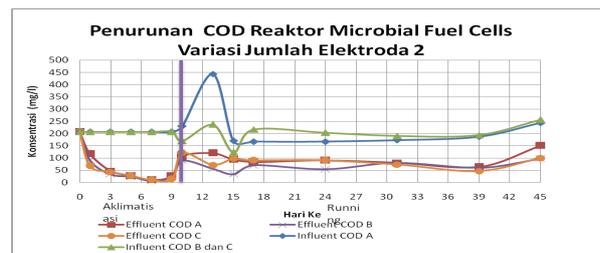
**Gambar 8 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Debit 0,1 l/jam**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013

Selain mempengaruhi penurunan COD variasi debit juga mempengaruhi produksi listrik dari reaktor microbial fuel cells (MFCs). Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa terjadi fluktuasi yang cukup besar dari produksi listrik yang dihasilkan dari semua variasi debit yang digunakan. Produksi listrik untuk debit 0,3 l/jam dilihat dari hasil penelitian yang sudah dilakukan merupakan yang paling baik dari semua debit yang digunakan dimana variasi debit ini menghasilkan produksi listrik sebesar 720 mV pada hari ke-21. Pada debit 0,15 l/jam ini terdapat suatu keganjilan dimana nilai produksi listrik yang dihasilkan rendah, salah satu hal yang menyebabkannya adalah kemampuan katoda yang kinerjanya terus menurun [2]. Sedangkan untuk debit 0,1 l/jam produksi listrik yang dihasilkan tidak terlalu besar paling besar hanya sebesar 280 mV, akan tetapi pada reaktor 8 produksi listrik terus meningkat dari hari ke-7 sampai hari ke 28.

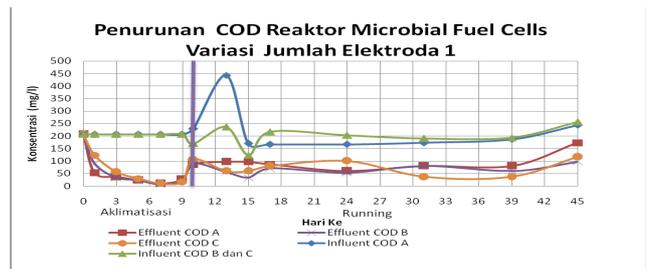
**Pengaruh Variasi Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan COD**



**Gambar 9 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda 3**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013



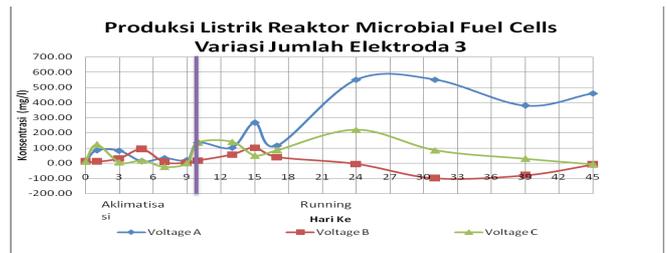
**Gambar 10 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda 2**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013



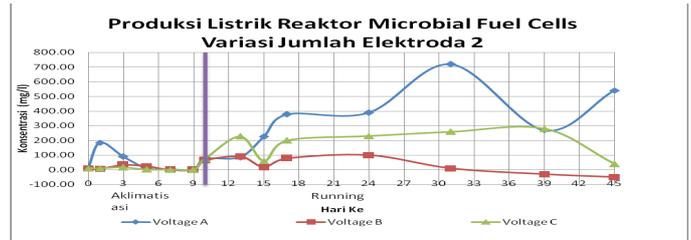
**Gambar 11 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda 1**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa jumlah elektroda 3 menghasilkan penurunan COD paling baik yaitu sebesar 30 mg/l. Hal ini dikarenakan dengan besarnya surface area maka akan banyak bakteri yang melekat disana sehingga pengolahan yang terjadi akan semakin baik.

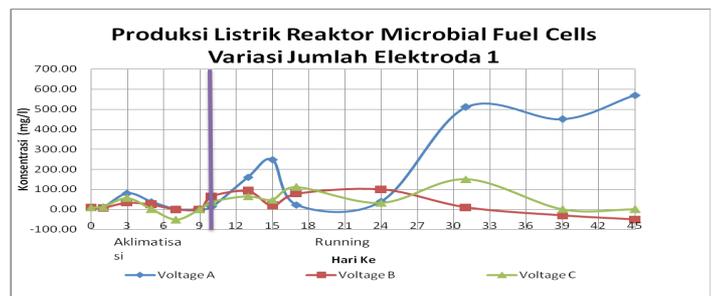
**Terhadap Produksi Listrik**



**Gambar 11 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda 3**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013



**Gambar 12 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda 2**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013



**Gambar 13 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda 1**  
 Sumber: Hasil Analisis, 2013

Berdasarkan hasil penelitian, nilai produksi listrik terbesar didapat oleh variasi jumlah elektroda dengan jumlah 3, hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya jumlah elektroda maka surface area akan semakin besar dan bakteri akan semakin banyak menempel disana, sesuai dengan Padma (2012) dimana salah satu faktor yang mempengaruhi elektroda adalah besarnya surface area. Selain itu, hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Kim (2008) yaitu untuk mencapai kinerja MFCs yang lebih baik, material anoda harus memiliki surface area yang besar.

#### 4.3. Hubungan Antara Variasi Debit Dan Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan COD Dan Produksi Listrik

Hubungan jumlah elektroda terhadap penurunan COD dan produksi listrik adalah jumlah elektroda yang paling banyak menghasilkan penurunan COD paling baik karena memiliki surface area yang paling besar. Berbanding lurus dengan penurunan COD, produksi listrik pun akan didapatkan maksimal dengan jumlah elektroda yang lebih banyak, dimana salah satu faktor yang mempengaruhi elektroda adalah besarnya surface area [4].

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, apabila ingin penurunan COD yang tinggi maka menggunakan debit yang rendah akan tetapi produksi listrik yang dihasilkan akan rendah walaupun menggunakan elektroda dengan surface area yang tinggi. Sedangkan apabila menginginkan produksi listrik yang besar lebih baik menggunakan debit yang besar walau nantinya penurunan COD nya tidak sebaik apabila menggunakan debit yang rendah, meski demikian nilai effluent COD nya masih memenuhi baku mutu

#### 4.4. Hubungan antara Penurunan COD dan Produksi listrik

Penurunan COD yang terjadi di reaktor MFCs dikarenakan oleh aktivitas dari mikroorganisme, efek dari aktivitas itu adalah terbentuknya elektron yang akhirnya terukur sebagai produksi listrik. Menurut Baikun Li (2011) konsentrasi COD yang rendah menghasilkan produksi listrik yang rendah juga, sedangkan konsentrasi COD yang tinggi akan menghasilkan produksi listrik yang tinggi.

Pada penelitian ini hal tersebut terjadi meskipun ada saat dimana ketika penurunan COD tinggi atau baik akan tetapi produksi listriknya kecil. Hal yang mempengaruhi hal tersebut yaitu *internal* resisten dan pH.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan COD berpengaruh terhadap produksi listrik yang terbentuk.

### 5. Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi debit 0,1 l/jam merupakan yang debit yang paling optimum untuk penurunan COD sedangkan untuk produksi listrik debit yang paling baik adalah 0,3 l/jam. Untuk variasi jumlah elektroda yang paling optimum adalah elektroda dengan jumlah 3 baik untuk penurunan COD maupun produksi listrik. Untuk secara keseluruhan reaktor dengan variasi debit 0,3 l/jam dan jumlah elektroda 3 merupakan yang paling optimum untuk penurunan COD dan produksi listriknya.
2. Semakin besar penurunan COD nya maka produksi listrik yang dihasilkan semakin tinggi, akan tetapi ada beberapa hal yang mempengaruhi produksi listrik diantaranya adalah pH dan *internal* resisten.

### Referensi

- [1] Baikun Li, Karl Scheible, and Micheal Curtis. 2011. *Electricity Generation From Anaerobic Wastewater Treatment In Microbial Fuel Cells*. Water Environment Research Foundation. Now York State Energi Research And Development Authority.
- [2] Fan, Yanzhen, dan Hong Liu. 2010. Developing a Novel Membrane to Increase the Performance of Single Chamber Microbial Fuel Cells. SBI Internship
- [3] Kim, In, S., Kyu Jung choe, Mi-Jin Choi dan Willy Verstroele. 2008. *Microbial Fuel Cells. Recent Advance, Bacterial Communities & Aplication Beyond Elektricity Generation*. Korean society of environmental engineers.
- [4] Padma, Songudon dan Dirk B. Hays. 2012. *Topic Paper #13, Microbial Fuel Cells*. Nation Petroleum Council.
- [5] Zhang, Yifeng, 2012. *Energy Recovery From Waste Streams With Microbial Fuel Cell (MFC)-Based Technologies*. Ph.D Thesis. Technical University of Denmark
- [6] Zhuwei, Du, Haoran Li, dan Ting Yue Liu. 2007. *A State Of The Art Review On Microbial Fuel Cells : A Promising Technology For Wastewater Treatment And Bioenergy*. Chinese Academy of Sciences