

**ANALISIS PRODUKSI ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN LIMBAH  
LUMPUR IKAN BANDENG DI JAKARTA UTARA DENGAN METODE  
*MICROBIAL FUEL CELL SINGLE CHAMBER***

***ELECTRICAL ENERGY PRODUCTION ANALYSIS USING WASTE  
WATER OF BANDENG FISH MUD WASTE IN NORTH JAKARTA WITH  
THE MICROBIAL FUEL CELL SINGLE CHAMBER***

Lila Putri Syania, M. Ramdhan Kirom, S.Si, M.Si, Nurwulan Fitriyanti, S.Pd, M.PFis  
Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
lilaputrisyania@telkomuniversity.ac.id, mramdlankiromtelkomuniversity.ac.id,  
nurwulanf@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Pemanfaatan energi di Indonesia semakin lama terus bertambah, mengingat sumber energi yang ada sekarang semakin lama diperkirakan akan habis. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah pengembangan energi alternatif sebagai sumber energi terbarukan. Menggunakan metode *Microbial Fuel Cell Single Chamber* menjadi salah satu inovasi energi terbarukan. Prinsip kerja metode ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan memanfaatkan bakteri untuk menghasilkan energi listrik dari bahan organik. Pengukuran dalam penelitian ini menggunakan lumpur ikan bandeng di Jakarta Utara. Terdapat 2 variasi dalam penelitian ini, variasi lumpur ikan bandeng dengan penambahan nasi basi tiga hari, dan variasi kedua lumpur ikan bandeng dengan penambahan NaCl. Parameter yang diukur adalah tegangan, arus, dan rapat daya. Pengukuran ini dilakukan selama 3 jam dengan interval pengamatan setiap lima menit sekali, pengukuran dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan sensor tegangan, mikrokontroler arduino uno, dan menggunakan multimeter dengan tambahan resistor 10Ω. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lumpur kolam ikan bandeng mampu menghasilkan nilai dengan variasi penambahan nasi basi sebanyak 110,1gr pada reaktor C 670mW/m<sup>2</sup> dan variasi penambahan NaCl dengan salinitas 30‰ pada reaktor B 200,88 mW/m<sup>2</sup>.

**Kata kunci : MFC Single Chamber, Air Payau, Energi Listrik**

---

**Abstract**

Energy use in Indonesia continues to increase, given the existing energy sources are increasingly expected to be depleted. So that this results in reduced energy reserves. By using the *Microbial Fuel Cell Single Chamber* method it becomes one of the renewable energy innovations. The working principle of this method is to convert chemical energy into electrical energy by utilizing bacteria to produce electrical energy from organic matter. Measurements in this study using Bandeng fishmud located in North Jakarta. There are 2 variations in this study, namely, variation of milkfish mud with the addition of stale rice for three days, and a second variation of milkfish mud with the addition of NaCl. This measurement is carried out for 3 hours with observation intervals every five minutes, measurements are made in two ways, namely by using a voltage sensor, an arduino uno microcontroller, and using a multimeter with an additional resistor of 10Ω. The results of this study show the value with variations of the addition of stale rice as much as 110,1gr in the C reactor 670mW/m<sup>2</sup> and variations in the addition of NaCl with salinity 30‰ in the B reactor 200,88 mW/m<sup>2</sup>

**Keywords: MFC Single Chamber, Brackish Water, Electrical Energy**

---

## 1. Pendahuluan

Sebagian besar sumber energi berasal dari bahan bakar fosil, batubara, minyak bumi, dan gas bumi. Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dalam outlook Indonesia 2016 menyebutkan bahwa pemanfaatan energi fosil semakin lama semakin menipis dan kemudian akan habis, potensi pemanfaatan batu bara sekitar 70 tahun akan habis, gas bumi sekitar 37 tahun lagi akan habis, dan minyak bumi 12 tahun lagi akan habis[1]. Bahan bakar yang berasal dari fosil bersifat tidak dapat diperbarui sehingga apabila digunakan secara terus menerus maka cadangan energi akan habis. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengembangan energi yang dapat dijadikan alternatif sebagai sumber energi terbarukan, sehingga dapat memenuhi konsumsi energi dan dijadikan sebagai inovasi baru.

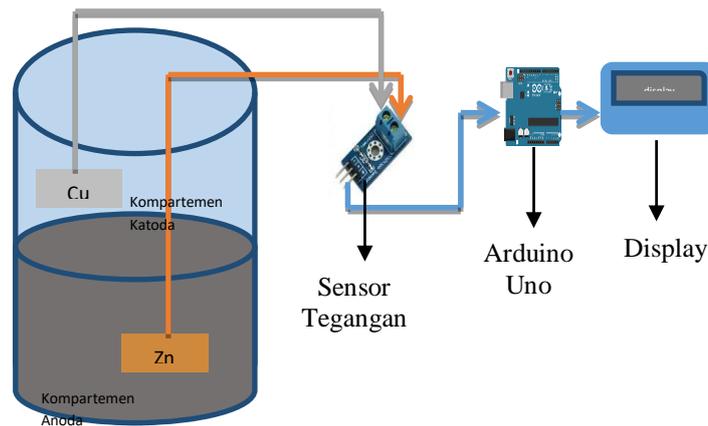
Pada penelitian ini menggunakan sistem *Sediment Microbial Fuel*, dimana sistem ini menggunakan sistem *Single Chamber*, prinsip kerja SMFC ini terdapat elektroda sebagai anoda yang diletakkan dalam endapan. Menurut Bambang tahun 2011 kelebihan dari sistem ini yaitu dapat menghasilkan energi listrik melalui proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui mekanisme sistem bioelektrokimia dari mikroorganisme. Pada anoda ini digunakan sebagai tempat bakteri untuk regenerasi, kemudian akan menghasilkan elektron dan proton yang akan di transfer ke katoda melalui sirkuit elektrik, kemudian menghubungkannya ke elektroda yang berfungsi sebagai katoda yang diletakkan dalam air di atas endapan, kemudian pada bagian katoda akan menerima elektron dan proton dari anoda dan akan menghasilkan H<sub>2</sub>O. Kemudian menurut Ibrahim tahun 2017 penggunaan limbah cair industri perikanan sebagai penghasil energi listrik masa depan[2], dilaporkan dari jurnal Seok *et al.* tahun 2008 sedimen Danau Ilgan Seoul menunjukkan data elektrisitas dengan lempeng grafit dan batang grafit sebagai elektroda yaitu 0,5-0,6V maka sebagai upaya pemanfaatan air limbah industri perikanan ini dapat digunakan sebagai substrat dalam MFC untuk produksi energi listrik[3]. Menurut Logroño Tahun 2017 untuk pengolahan air limbah dimana materi organik tanah telah diuji sebagai peralatan *membrane-less single chamber microbial fuel cells* (SMFC) yang menghasilkan bioelektrisitas simultan dengan biotransformasi limbah organik. Hasil yang diperoleh masih relatif rendah, yaitu dapat mencapai 330 mV [4].

Air limbah yang akan digunakan dalam penelitian merupakan air limbah yang berasal dari kolam ikan bandeng di Jakarta Utara. Bakteri *Bacillus cereus* yang terkandung dalam nasi basi dapat menyebabkan keracunan. Bakteri tersebut timbul membentuk spora lalu berkecambah sehingga menghasilkan racun emesis [5]. Nasi yang terkontaminasi ini jika dibiarkan dan menumpuk, mengakibatkan pencemaran lingkungan. Kemudian air payau yang akan digunakan mengandung salinitas atau kadar tingkat keasinan sehingga terdapat garam yang terlarut didalam air. Garam tersebut merupakan senyawa ionik yang terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Air laut termasuk larutan elektrolit karena adanya kandungan garam natrium klorida (NaCl) yang cukup tinggi. NaCl merupakan suatu garam yang dapat terionisasi secara sempurna menjadi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Karena adanya ion bebas tersebut menyebabkan air laut dapat menghantarkan arus listrik [6]. Menurut penelitian Bambang, bahwa endapan air payau di Jakarta memiliki bentuk tekstur *silty clay loam*, dengan kandungan karbon organik sebesar 2,91%, nitrogen total 0,19%, dan fosfor 128ppm. Arus listrik yang dihasilkan dalam penelitian ini sebesar 139,51 mA/m<sup>2</sup> dan optimal di hari ke 21, bakteri yang terdapat dalam endapan ini adalah *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter sp.* dan *Bacillus marinus*.

## 2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

### 2.1 Microbial Fuel Cell dan Desain

*Microbial Fuel Cell* (MFC) ini merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan. MFC menggunakan bakteri untuk menghasilkan energi listrik dari senyawa organik maupun anorganik dengan bantuan katalis mikroorganisme[7]. Untuk mengkonversi bahan organik secara efektif agar menjadi listrik memerlukan peran bakteri dalam proses degradasi dengan pengecualian bahwa anoda berfungsi sebagai penerima elektron terakhir [8]. Kinerja MFC juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas mikroba dan substrat yang digunakan dan juga dipengaruhi oleh temperatur merupakan salah satu faktor yang ikut mempengaruhi dari kinerja MFC karena berkaitan langsung dengan bakteri, kecepatan reaksi oksigen yang dikatalis oleh katoda dan kecepatan transfer proton melalui larutan. Faktor lainnya adalah komponen penyusun MFC, seperti elektroda (anoda dan katoda) dan membran penukar proton, serta kelengkapan alat pada membran[9].



**Gambar 1.** Desain SMFC *Single Chamber* [6]

Pada gambar 1. menjelaskan reaktor yang digunakan berbentuk silinder berbahan kaca dengan ukuran 1000mL dan diameter 10cm. Pada bagian anoda atau endapan lumpur di letakkan lempengan Zn berukuran 5cm x 5cm, kemudian pada bagian katoda atau air payau di letakkan lempengan Cu berukuran 5cm x 5cm. Elektron diproduksi di anoda dari proses degradasi substrat anaerob oleh bakteri yang ada di bagian endapan kemudian di transfer melalui sirkuit eksternal (kabel) kemudian jumlah proton atau ion akan di transfer di antara anoda dan katoda.

Pada kompartemen anoda :



Pada kompartemen katoda :

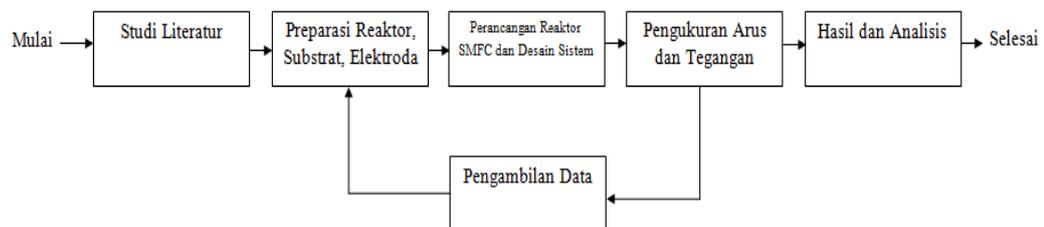


Reaksi yang terjadi dari reaksi setengah sel tersebut :



## 2.2 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, menggunakan substrat air payau yang terdapat di kolam ikan bandeng yang beralamat di Jl. Kamal Muara VI No1, RT07 RW03, Kamal Muara, Kec.Penjarangan, Kota Jakarta Utara, DKI Jakarta 14470. Berikut adalah diagram blok pada penelitian *Sediment Microbial Fuel Cell Single Chamber* pada gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Blok

Pada penelitian ini dilakukan dua variasi jenis substrat yaitu dengan air payau lumpur kolam ikan bandeng yang pertama dengan penambahan NaCl untuk mengukur salinitas nya menggunakan alat refraktometer dengan prinsip kerja pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan kemudian sumber cahaya ditransmisikan oleh serat optik ke dalam salah satu prisma dan

secara internal akan dipantulkan ke interface prisma[10], bagian cahaya akan dipantulkan kembali ke sisi yang berlawanan pada sudut tertentu yang terbentuk dari indeks bias terlarut.

**Tabel 1.** Komposisi substrat variasi salinitas

Reaktor	Substrat	Penambahan Komposisi	Salinitas (‰)
A	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	4gr NaCl	20
B	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	8gr NaCl	30
C	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	12gr NaCl	35
D	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	16gr NaCl	40

Variasi yang kedua menggunakan substrat dengan variasi komposisi dari nasi basi :

**Tabel 2.** Komposisi substrat variasi nasi basi

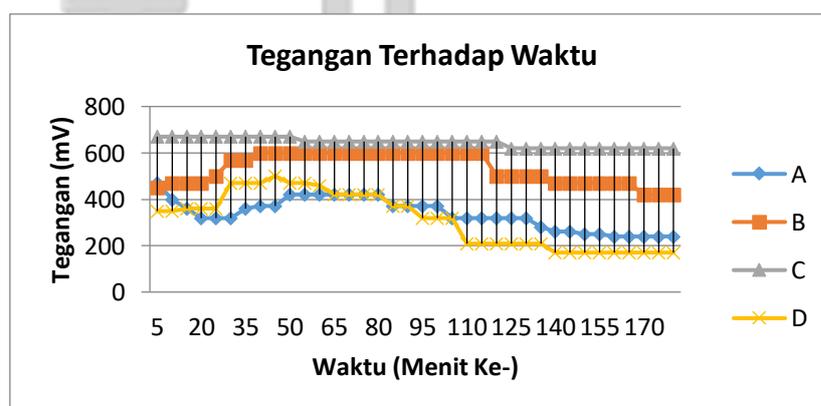
Reaktor	Substrat	Nasi Basi (%massa)
A	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	11,1
B	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	22,2
C	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	33,4
D	Lumpur 400 mL + Air payau 400 mL	44,5

Pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali dengan 2 cara yaitu, menggunakan data logger Arduino Uno yang kemudian datanya di simpan ke dalam SD Card, dan pengukuran menggunakan multimeter untuk mengukur arus dan tegangan dengan beban  $10\Omega$ .

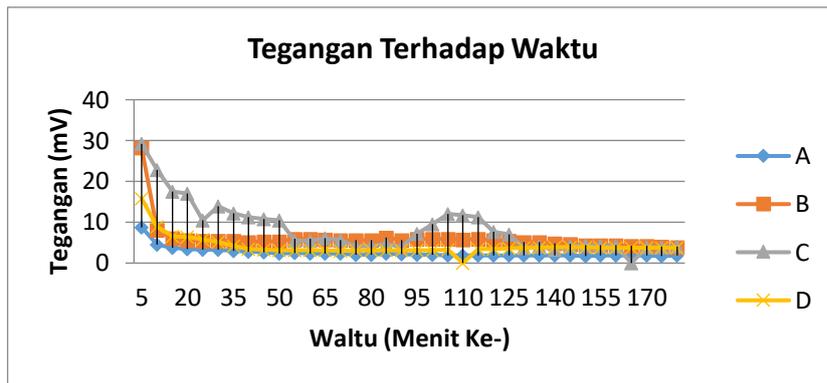
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengukuran Variasi Nasi Basi

Berikut merupakan grafik produksi tegangan terhadap waktu dari SMFC dengan penambahan variasi nasi basi 3 hari :

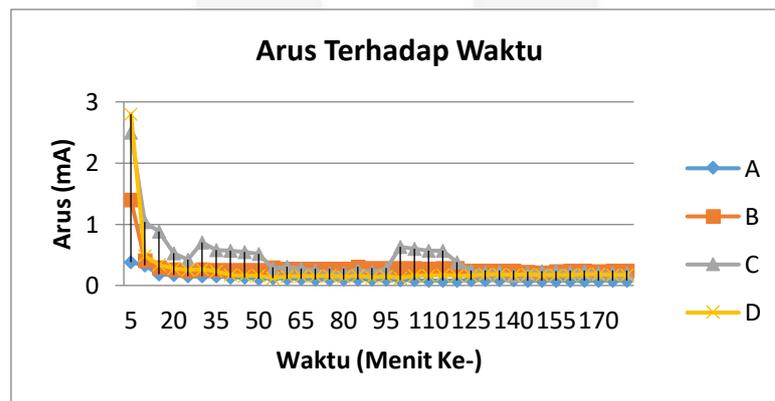


**Gambar 3.** Grafik hasil pengukuran Tegangan variasi nasi basi tanpa beban



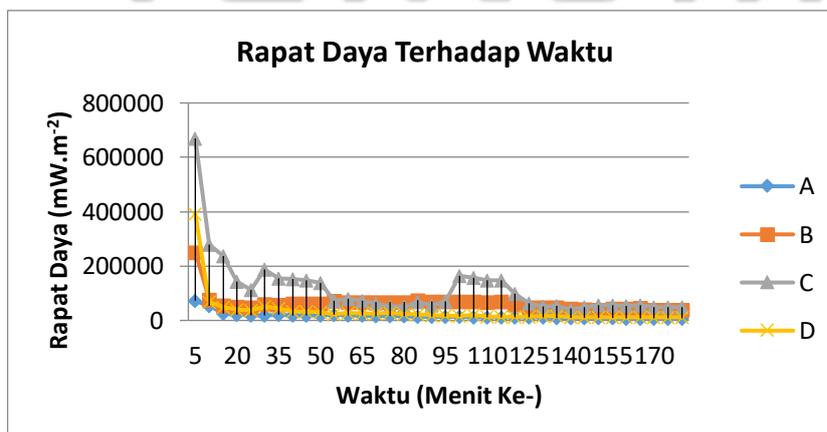
**Gambar 4.** Grafik hasil Pengukuran Tegangan variasi nasi menggunakan beban

Pada pengukuran tegangan dengan menambahkan beban  $10\Omega$  menunjukkan hasil yang lebih variatif dan terjadi kenaikan pada menit ke 105 pada reaktor C mengalami kenaikan nilai tegangan menjadi 12,1mV. Pada variasi tanpa menggunakan beban pada reaktor A mengalami penurunan dari menit ke 10 stabil di 400mV, setelah itu mengalami penurunan yang cukup drastis sampai dengan 200mV. Pada variasi tanpa menggunakan beban reaktor B dan reaktor C setelah menit ke 45 memiliki nilai yang stabil dengan rata-rata hasil 600mV Hasil nilai tegangan dengan cara pengukuran menggunakan mikrokontroler dan sensor tegangan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan pengukuran menggunakan beban resistor  $10\Omega$ .



**Gambar 5.** Grafik arus variasi nasi

Pada gambar 5 dijelaskan bahwa nilai arus tertinggi ada pada reaktor D dengan penambahan substrat nasi sebanyak 146,8gr dengan nilai arus mencapai 2,8mA dan kemudian reaktor C 2,5mA. Nilai terkecil terdapat pada reaktor A dengan nilai yang hampir mendekati 0.

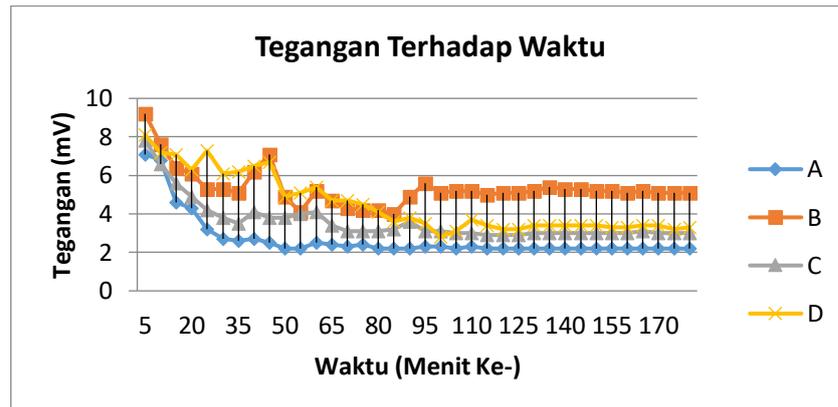


**Gambar 6.** Grafik Rapat Daya SMFC pada variasi nasi selama 3 jam

Pada gambar 6 nilai rapat daya tertinggi ada pada reaktor C dengan penambahan nasi sebanyak 110,1gr nilai rapat daya mencapai  $670000\text{mW/m}^2$  kemudian setelah menit ke 125 nilai tersebut stabil di angka lebih dari  $49000\text{mW/m}^2$

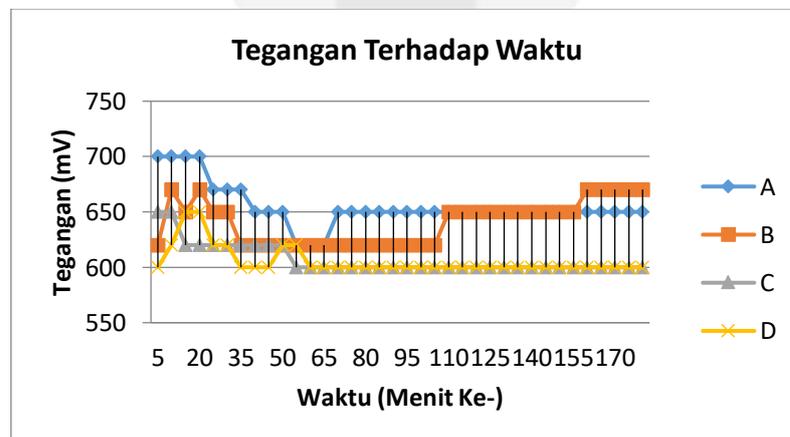
### 3.2 Hasil Pengukuran Variasi NaCl

Berikut merupakan grafik produksi tegangan terhadap waktu dari SMFC dengan penambahan variasi NaCl.



**Gambar 7.** Grafik hasil Pengukuran Tegangan variasi NaCl menggunakan beban

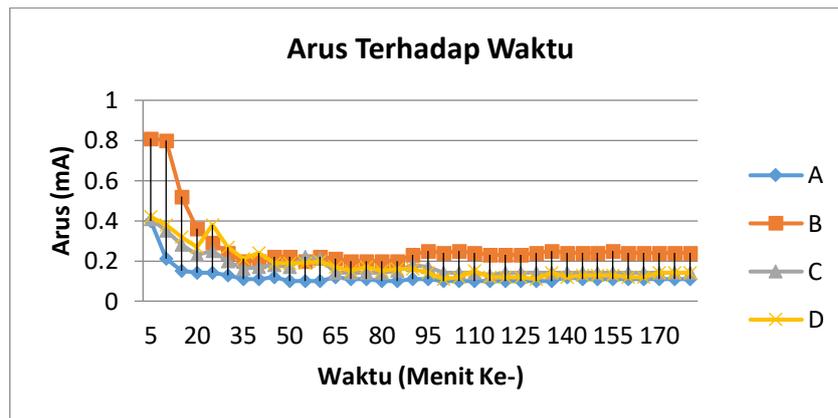
Menurut Zahara dari Universitas Indonesia, adanya penurunan tegangan yang juga disebabkan karena menurunnya jumlah glukosa karena disebabkan diproduksi zat-zat buangan yang tidak di perlukan lagi sehingga lingkungan tempat tinggalnya mengalami perubahan. Perubahan ini dapat memberikan kontribusi pada peningkatan jumlah sel yang mati [11].



**Gambar 8.** Grafik hasil Pengukuran Tegangan variasi NaCl tanpa beban

Dapat disimpulkan dari grafik tersebut bahwa pengukuran dengan menggunakan mikrokontroler arduino dan sensor tegangan tanpa adanya tambahan beban resistor sebesar  $10\Omega$  memiliki nilai yang paling besar jika dibandingkan dengan pengukuran manual dan menggunakan beban sebesar  $10\Omega$ . Kemudian pada kedua variasi tersebut sama- sama memiliki nilai tegangan tertinggi di 700mV. Kemudian nilai tegangan terendah ada pada variasi penambahan nasi dengan nilai 200mV, sedangkan dengan variasi NaCl nilai terendah di 600mV, hal tersebut terjadi karena perbedaannya salinitas pada kedua variasi tersebut. Pada variasi NaCl kadar salinitasnya menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan variasi nasi, karena terdapat larutan garam dalam air yang mengandung elektrolit yang dapat menghantarkan listrik.

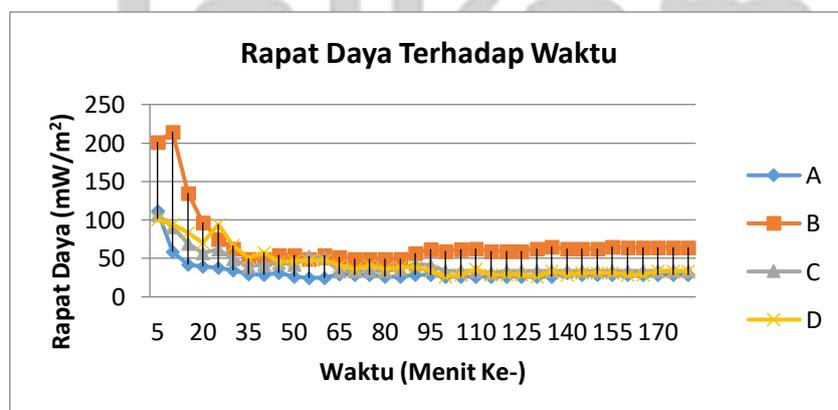
Kemudian terjadinya penurunan nilai grafik pada kedua variasi menurut Ibrahim dari IPB adanya penambahan substrat diakibatkan adanya konversi amonia menjadi nitrit dan nitrat dimana proses ini mengakibatkan perubahan bentuk senyawa nitrogen yang berubah menjadi gas nitrogen[9], oleh karena itu pada variasi penambahan nasi basi terdapat gelembung gas. Kemudian menurut Firdaus dan Muchlisin penurunan grafik diakibatkan adanya reduksi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dimana reduksi COD tersebut setelah tiga hari mengalami penurunan karena peningkatan jumlah mikroba yang menghambat elektroda sehingga mengalami penurunan kualitas lumpur dan substrat tersebut[12]. Menurunnya ketersediaan elektron yang akan di transfer ke elektroda disebabkan karena berkurangnya konsentrasi gula, hal tersebut menyebabkan penurunan tegangan.



Gambar 9. Grafik arus variasi NaCl

Gambar 9. menunjukkan hasil pengukuran arus dengan variasi NaCl dimana nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan variasi nasi basi. Pada reaktor A memiliki nilai tertinggi di 0,4mA kemudian nilai tersebut turun sampai akhirnya nilai stabil setelah menit ke 95 di nilai 0,12mA. Reaktor B memiliki nilai arus tertinggi diantara reaktor A,C dan D mencapai 0,8mA kemudian turun sangat drastis setelah menit ke 45 dan stabil di nilai 0,24mA, untuk reaktor D hasil nilai arus tidak jauh berbeda dengan reaktor A dan reaktor C, tetapi terdapat perbedaan di menit ke 25 nilai arus naik mencapai 0,37mA, setelah itu turun dan stabil di di nilai 0,24mA.

Terjadinya penurunan grafik dalam pengukuran arus di karenakan adanya bakteri yang terdapat dalam lumpur kolam ikan bandeng yang dapat menghasilkan biofilm yang memiliki efek yang sama seperti polarisasi yang terjadi, yaitu meningkatnya hambatan dalam dari anoda yang mengakibatkan menurunnya arus yang dihasilkan[13]. Biofilm yang terbentuk menyebabkan elektroda terlapisi oleh film.



Gambar 10. Grafik Rapat Daya SMFC pada variasi NaCl selama 3 jam

Pada gambar 10. nilai rapat daya tertinggi pada reaktor B di menit ke 10 dengan nilai 214,4 mW/m<sup>2</sup> kemudian nilai terus turun dan stabil sampai menit ke 180 dengan nilai 63,4 mW/m<sup>2</sup>.

### 3.3 Efek Variasi Terhadap Produksi Energi Listrik

Berikut merupakan hasil tabel dari efek variasi terhadap produksi energi listrik dengan pengukuran selama 3 jam dengan penambahan beban sebesar 10Ω :

	Lumpur Saja			Variasi Nasi Basi			Variasi NaCl		
	V (mV)	A (mA)	P' (mW/m <sup>2</sup> )	V (mV)	A (mA)	P' (mW/m <sup>2</sup> )	V (mV)	A (mA)	P' (mW/m <sup>2</sup> )
Menit Ke-5	19,1	1,6	12224	29,2	2,5	29200	9,2	0,81	2980,8
Menit Ke- 180	2,15	0,2	172	4,1	0,2	328	5,1	0,24	489,6

**Tabel 3.** Efek Variasi Terhadap Produksi Energi Listrik

Tabel 3. menjelaskan bahwa nilai produksi energi listrik dengan menggunakan substrat air payau kolam ikan bandeng dan penambahan limbah nasi basi sebanyak 110,1gr lebih baik dibandingkan dengan lumpur kolam ikan bandeng, dan juga variasi NaCl sebanyak 8gr hal ini dikarenakan terdapat nya proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui mekanisme sistem bioelektrokimia dari mikroorganisme tersebut[6].

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa substrat kolam ikan bandeng di Jakarta Utara menghasilkan nilai *power density* pada pengukuran lumpur saja sebesar 12224 mW/m<sup>2</sup>, pada variasi nasi basi sebanyak 110,1gr pada reaktor C 29200 mW/m<sup>2</sup>, dan variasi NaCl sebanyak 8gr dengan salinitas 30‰ pada reaktor B 2980,6 mW/m<sup>2</sup>.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2016. Wujudkan Ketahanan Pangan Indonesia BPPT luncurkan outlook teknologi pangan 2016 : <https://www.bppt.go.id/teknologi-agroindustri-dan-bioteknologi/2677-wujudkan-ketahanan-pangan-indonesia-bppt-luncurkan-outlook-teknologi-pangan-2016>
- [2] Ibrahim, B., P.Suptijah, dan S. Rosmalawati. 2014. Kinerja Rangkaian Seri Sistem Microbial Fuel Cell Sebagai Penghasil Biolistrik Dari Limbah Cair Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.
- [3] Seok WH, Hyung JK, Yong SC, Tai HC. 2008. Field experiments on bioelectricity production from lake sediment using microbial fuel cell technology. Bulletin Korean Chemistry Society. 29(11) : 2189-2194.
- [4] Logroño, Washington, Geovany R, Celso R, Magdy E, Ana C, 2015. Bioelectricity generation from vegetables and fruits wastes by using single chamber microbial fuel cells with high Andean soils. Energy Procedia 75, 2009 – 2014
- [5] Anna Poedjiadi, (1994), Dasar-dasar Biokimia, UI Press, Jakarta
- [6] Kemendikbud. 2015. Sel Elektrokimia. Jakarta. Diakses pada : <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/sumberbelajar/tampil/Sel-Elektrokimia-2015/konten5.html>
- [7] Dessy R.S. 2017. Studi Pemanfaatan lumpur sebagai alternatif energi dengan menggunakan Microbial Fuel Cell(MFCs). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Surabaya.
- [8] Bambang R, dkk. 2011. Energi Listrik dari Sedimen Laut Teluk Jakarta melalui Teknologi Microbial Fuel Cell. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Jawa Barat.
- [9] Ananta Kothapalli. Sediment Microbial Fuel Cell as Sustainable Power Resource. (2013). University of Wisconsin Milwaukee.
- [10] Dimar Irfan H. 2017. Instrumentasi Refraktometer. Poltekkes Kemenkes. Banten.
- [11] Ricky Rositasari, Rachma Puspitasari, dkk. 5 Dekade Lipi di Teluk Jakarta Review Penelitian Oseanografi di Teluk Jakarta 1970-2015. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2017). Jakarta.
- [12] Kuwahara. 2001. Geologi laut. Erlangga. Jakarta
- [13] Ibrahim, B., P.Suptijah, dan S. Rosmalawati. 2014. Kinerja Rangkaian Seri Sistem Microbial Fuel Cell Sebagai Penghasil Biolistrik Dari Limbah Cair Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.

