

## POTENSI LISTRIK DAN DEGRADASI FOSFAT BERTEKNOLOGI *PLANT MICROBIAL FUEL CELL* DENGAN MEDIA TANAMAN ECENG GONDOK

Lidiya Novelendah, M Husen Senoaji, Fiorentina Sinurat, Akhmad Masykur Hadi  
Musthofa, Titik Istirokhatun

Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro, Kota Semarang,  
Jl.Prof.H.Soedarto, S.H.Tembalang, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275  
lidiyanovelendah2@gmail.com

### Abstrak

Kebutuhan akan *supply* energi listrik tidak terpisahkan dari kehidupan manusia, karena energi listrik dibutuhkan untuk menunjang berbagai aktivitas yang dilakukan. Disisi lain, permasalahan yang sedang dihadapi saat ini yakni meningkatnya berbagai kontaminan pencemar di sistem perairan. Salah satu bahan pencemar tersebut adalah fosfat ( $PO_4$ ). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi listrik yang mampu dihasilkan serta seberapa besar konsentrasi fosfat yang mampu didegradasi melalui teknologi *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) dengan media tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*). Teknologi *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) diketahui dapat menghasilkan sumber energi listrik alternatif. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro selama 21 hari, dengan uji pendahuluan selama 14 hari yang dilanjutkan uji sesungguhnya selama 7 hari. Dalam penelitian ini 4 buah reaktor kapasitas 50 liter digunakan sebagai media berlangsungnya penelitian. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah variasi jumlah tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor yakni penuh, setengah, seperempat, dan tanpa eceng gondok sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) dengan media tanaman eceng gondok berpotensi menghasilkan listrik dengan daya listrik yang dihasilkan sebesar  $0,772 \text{ mW/m}^2$  serta berpotensi mendegradasi fosfat sebesar  $8,426 \text{ mg/L}$  dengan efisiensi  $87,36\%$ .

**Kata Kunci** : *Plant Microbial Fuel Cell (PMFC), Fosfat, Eceng Gondok (Eichornia Crassipes)*.

### Abstract

The electrical energy supply needs was not inseparable from human life, because electricity was needed to support human various activities. In other hand, various pollutant in water system was increased as one of the problem that we faced today. One kind of this pollutant is phosphate ( $PO_4$ ). This research goal are to determine how much electricity potential that can be produced and how much phosphate concentration that can be degraded through *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) technology with water hyacinth (*Eichornia Crassipes*) as plant media. *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) technology was known that can produced alternative electricity. This research was conducted as laboratory scale in Enviromental Engineering Diponegoro University laboratory for 21 days, with 14 days for preliminary test and continued for 7 days for real test. In this research, 4 pieces of 50 liter reactor was used as media to run the research. The variable study was a variation of water hyacinth plants in each reactor such as full, half, quarter, and without water hyacinth plant as a control. The result shows that *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) technology with water hyacinth as plant media has the potential to produce electricity with  $0,772 \text{ mW/m}^2$  generated among the electrodes and potentially for phosphate degradation by  $8,426 \text{ mg/L}$  with  $87,36\%$  efficiency.

**Keywords**: *Plant Microbial Fuel Cell (PMFC), Phosphate, Water Hyacinth (Eichornia Crassipes)*.

## PENDAHULUAN

Saat ini kondisi perairan di Indonesia banyak ditutupi tanaman air seperti eceng gondok (*Eichornia Crassipes*). Eceng gondok memiliki tingkat pertumbuhan dan kesuburan sangat tinggi yang mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan (Gerbano, 2005). Dikenal sebagai gulma perairan, eceng gondok yang menutupi permukaan air dapat menyebabkan timbulnya berbagai permasalahan seperti menghalangi laju aliran air, mengurangi infiltrasi sinar matahari, mengurangi kadar oksigen, bahkan dapat membunuh makhluk hidup di dasar perairan. Klasifikasi eceng gondok berdasarkan kedudukannya dalam taksonomi tumbuhan sebagai berikut (Cronquist, 1981) :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Sub kelas	: Lilidae
Ordo	: Liliales
Famili	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhornia
Spesies	: Eichhornia crassipes



**Gambar 1. Eceng Gondok**

Salah satu pemicu perkembang biakan eceng gondok adalah kondisi air yang mengandung kadar nutrien yang tinggi seperti fosfat ( $PO_4$ ) (Renilaili, 2015). Fosfat yang ada di perairan dapat bersumber dari limbah domestik maupun limbah industri. Jika konsentrasi fosfat di perairan sangat tinggi, tentu dapat memicu terjadinya eutrofikasi yang membuat kondisi perairan semakin eutrofik.

Berdasarkan permasalahan diatas, perlu adanya upaya inovatif yang dapat memanfaatkan tanaman eceng gondok agar memiliki nilai produktivitas tinggi. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menggunakan eceng gondok sebagai media tanaman dalam

penerapan teknologi *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC).

PMFC merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan terjadinya konversi energi matahari menjadi listrik melalui mekanisme simbiosis dalam hal nutrisi antara tanaman dan bakteri. Adapun prinsip PMFC adalah penguraian molekul karbohidrat ( $C_6H_{12}O_6$ ) dari hasil fotosintesis oleh bakteri mikroba secara anarobik menjadi Karbon Dioksida ( $CO_2$ ), Proton ( $H^+$ ), dan Elektron ( $e^-$ ) (Nwokocha *et al.*, 2012).

Disisi lain, melalui teknologi PMFC dengan media tanaman eceng gondok ini juga dapat menurunkan konsentrasi fosfat di perairan. Menurut Suriawiria 2003, fosfat di perairan dapat di degradasi dengan tanaman eceng gondok yang merupakan tumbuhan air kelompok mikroba rizofe. Dengan rizofiltrasi yaitu proses remediasi yang memanfaatkan kemampuan akar dalam menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi fosfat pada air limbah (Pilon-Smits, 2003).

Berdasarkan uraian latarbelakang tersebut, maka diajukan penelitian tentang potensi listrik dan degradasi fosfat berteknologi *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) dengan media tanaman eceng gondok.

## METODE

Penelitian dilakukan selama 21 hari di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Penelitian ini merupakan eksperimental laboratorium. Terdapat 3 tahapan dalam penelitian ini yaitu tahap persiapan, tahap pra-kondisi, serta tahap pengujian dan pengukuran.

Studi literatur, persiapan alat dan bahan, persiapan elektroda, dan perakitan reaktor dilakukan pada tahap persiapan. Dalam penelitian ini reaktor yang digunakan berupa box plastik volume 50 liter sebanyak 4 buah. Sample bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tanaman eceng gondok, air sungai, dan endapan/sedimen yang berasal dari Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. Terdapat 2 variabel penelitian dalam penelitian ini yakni jumlah tanaman eceng gondok sebagai variabel bebas dan besar daya listrik serta degradasi konsentrasi fosfat yang dihasilkan sebagai variabel terikat.

## Tahap Persiapan

### Persiapan Elektroda

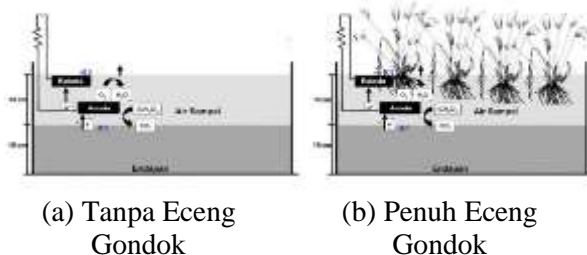
Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda graphene yang dibuat secara manual dari plat aluminium berukuran 20 x 11 cm dengan luas penampang plat 458 cm<sup>2</sup> yang diselubungi bubuk karbon. Penentuan ukuran plat aluminium ini didasarkan oleh kapasitas reaktor yang digunakan.

Proses pembuatan diawali dengan aktivasi plat aluminium dengan larutan HCl 1 M dan NaOH 1 M, bubuk karbon murni dicampurkan dengan larutan *polyurithane* dengan perbandingan campuran antara bubuk karbon dan larutan *polyurithane* adalah 1:2, mengoles campuran bubuk dengan *polyurithane* pada semua bagian plat aluminium kemudian taburkan lagi dengan bubuk karbon diatas plat aluminium tersebut diamkan hingga kering, kemudian mengoleskan seluruh bagian plat yang telah tertutupi bubuk karbon dengan larutan asam fosfat 85% dengan tujuan agar butir bubuk saling menempel dengan plat aluminium.

### Perakitan Reaktor PMFC

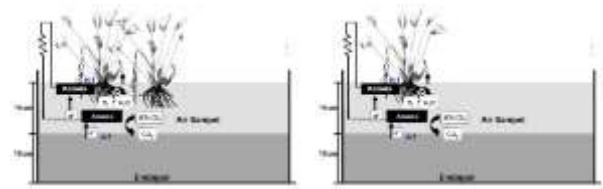
Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan reaktor *single chamber* berjumlah 4 buah dengan volume 50 liter yang selanjutnya diisi beberapa komponen antara lain elektroda graphene (anoda dan katoda), endapan/sedimen sungai setinggi 10 cm dari dasar reaktor, air sungai setinggi 14 cm dari bagian atas permukaan sedimen, dan eceng gondok.

Proses perakitan reaktor diawali dengan pengambilan sampel eceng gondok, air sungai, dan endapan/sedimen sungai di Sungai Banjir Kanal Timur Semarang yang selanjutnya langsung dimasukkan kedalam masing-masing reaktor sesuai dengan variabel bebas yang telah ditentukan. Adapun perakitan reaktor mengikuti rangkaian desain dengan jumlah eceng gondok yang telah ditentukan sebagai berikut.



(a) Tanpa Eceng Gondok

(b) Penuh Eceng Gondok



(c) 1/2 Eceng Gondok

(d) 1/4 Eceng Gondok

Gambar 2. Desain Reaktor

### Tahap Pra-Kondisi

Tahapan Pra-Kondisi merupakan tahapan dalam menguji ketahanan eceng gondok selama 14 hari dalam reaktor yang telah dibuat. Hal ini bertujuan agar selama penelitian, eceng gondok sebagai objek penelitian tidak layu atau mati karena faktor tertentu selama penelitian. Beberapa tumbuhan tidak mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan baru, sehingga tahapan ini juga untuk merekayasa lingkungan agar tanaman eceng gondok dapat bertahan seperti lingkungan alamiahnya.

### Tahap Pengujian dan Pengukuran

Pengukuran produksi listrik dan degradasi fosfat dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Pengukuran produksi listrik dilakukan secara langsung menggunakan multimeter digital setiap pukul 10.00 WIB. Pengukuran produksi listrik didapatkan dari arus (I) yang diukur setiap hari dengan R sebesar 0,965 ohm. Dengan menggunakan persamaan ( $V = I \times R$ ) untuk menghitung tegangan listrik dengan satuan volt. Nilai tersebut selanjutnya dikonversi ke daya (P) sesuai rumus berikut.

$$P = \frac{V \times I}{SA}$$

Dimana :

P = Daya listrik (mW)

V = Tegangan listrik (V)

I = Arus listrik (A)

SA = Surface Area / luas area plat (m<sup>2</sup>)

Sementara itu juga dilakukan pengukuran fosfat yang diawali dengan pengambilan sampel yang selanjutnya disimpan pada botol sampel yang kemudian dilakukan uji laboratorium dengan prosedur pengujian fosfat sesuai dengan metode Stannous *Chlorida* – *spektrofotometri*. Pengukuran degradasi fosfat juga dilakukan dengan menghitung efisiensi penurunan dengan persamaan berikut.

$$\text{Efisiensi Penurunan} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

Efisiensi Penurunan = Efisiensi Penurunan  
Konsentrasi (%)

$C_{in}$  = Konsentrasi sampel inlet (mg/ liter)

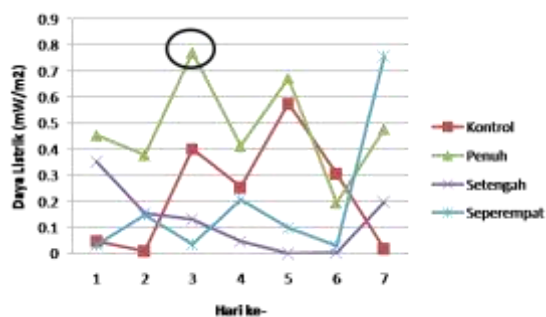
$C_{out}$  = konsentrasi sampel outlet (mg/ liter)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisa Daya Listrik

Analisis mengenai produksi listrik dilakukan dengan menggunakan PD atau *Power Density*. Data yang diukur adalah data arus listrik (A) dan juga hambatan ( $\Omega$ ) yang kemudian dapat digunakan untuk mencari data tegangan (V).

Produksi listrik yang dihasilkan oleh reaktor dengan anoda di dekat akar dapat dilihat pada gambar 3 berikut. Pada grafik tersebut didapatkan produksi listrik tertinggi adalah pada reaktor penuh eceng gondok dengan nilai 0,7722 mW/m<sup>2</sup> pada hari ketiga. Sedangkan reaktor dengan kapasitas 1/2, 1/4 dan kontrol berturut-turut menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 0,352 mW/m<sup>2</sup> pada hari pertama, 0,756 mW/m<sup>2</sup> pada hari ketujuh dan 0,575 mW/m<sup>2</sup> pada hari kelima. Nilai rata-rata terbaik yang didapatkan yaitu pada reaktor dengan jumlah eceng gondok memenuhi permukaan reaktor dengan nilai 0,4806 mW/m<sup>2</sup> pada pengujian selama 7 hari.



**Gambar 3. Hasil Analisa Daya Listrik**

*Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) dapat menghasilkan Listrik dengan memanfaatkan energi matahari sebagai pembangkit listrik oleh bakteri melalui oksidasi senyawa organik dan deposisi senyawa organik oleh akar pada tanaman (Timmers et al., 2010). Energi matahari membuat terjadinya proses fotosintesis yang akan menghasilkan substrat bagi bakteri. Substrat tersebut yang disebut *root deposits* yang terdiri dari eksudat akar yang larut dalam air dan memiliki kandungan seperti karbohidrat sederhana dan asam amino (Deng, 2011). Ketika semakin banyak akar tanaman juga semakin

banyak mengeluarkan root deposit dan dapat menghasilkan listrik yang lebih banyak pula.

Pada anoda yang terletak di dekat akar didapati produksi listrik terbaik adalah pada reaktor dengan jumlah eceng gondok terbanyak yaitu reaktor penuh. Pada hari pertama energi listrik yang dihasilkan cenderung rendah disebabkan karena tanaman belum terlalu berperan dalam produksi listrik, dikarenakan akar tanaman sebagai tempat hidup bakteri belum berkembang (Kurniawati dkk, 2017). Pada reaktor dengan anoda di akar produksi listrik yang dihasilkan cenderung berfluktuasi namun stabil dengan fluktuasi yang hampir sama. Fluktuasi dapat disebabkan karena cahaya matahari (Liu et al., 2010). Cahaya matahari dapat berpengaruh pada jumlah substrat yang dihasilkan tumbuhan (Ai, 2012).

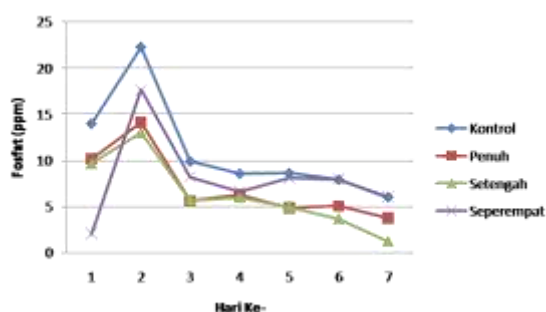
### Hasil Analisa Uji Fosfat

Salah satu zat hara yang mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme di perairan yaitu fosfat. Secara alami kandungan fosfat di suatu perairan tersedia dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan organisme yang hidup di perairan tersebut (Arizuna, 2014). Akan tetapi keberadaan fosfat secara berlebihan di sistem perairan dapat memicu terjadinya eutrofikasi yang dapat membuat kondisi perairan semakin eutrofik.

Menurut Suriawiria 2003, fosfat di perairan dapat di degradasi dengan tanaman eceng gondok dengan proses remediasi yang memanfaatkan kemampuan akar dalam menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi fosfat pada air limbah (Pilon-Smits, 2003).

Melalui penelitian ini eceng gondok yang digunakan sebagai tanaman dalam teknologi PMFC pada saat proses menghasilkan listrik juga terjadi degradasi kandungan fosfat melalui kemampuan akar eceng gondok.

Gambar 4 berikut menunjukkan adanya penurunan konsentrasi fosfat pada reaktor yang telah dikondisikan.



**Gambar 4. Hasil Pengukuran Degradasi Fosfat**

Pada grafik tersebut menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi fosfat pada hari kedua dan mengalami penurunan pada hari ketiga hingga hari ketujuh. Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh efisiensi degradasi fosfat pada masing-masing reaktor secara berurutan yakni 57,08 % pada reaktor kontrol ; 63,13% pada reaktor penuh; 87,36% pada reaktor setengah penuh ; dan pada reaktor seperempat penuh pada hari ketujuh konsentrasi fosfat lebih besar dibandingkan pengukuran hari pertama.

Fosfat menjadi salah satu sumber nutrient bagi mikroorganisme yang ada disekitar akar eceng gondok. Sehingga secara perlahan fosfat akan terdegradasi. Hal ini turut memberi pengaruh pada besaran listrik yang dihasilkan karena semakin banyak mikroorganisme di sekitar akar eceng gondok, maka semakin banyak pula mikroorganisme yang akan menempel pada plat aluminium berlapis karbon berupa elektroda graphene.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) dengan media tanaman eceng gondok berpotensi menghasilkan listrik sekaligus mendegradasi kandungan fosfat dalam sampel air yang digunakan. Daya listrik tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 0,7722 mW/m<sup>2</sup> pada hari ketiga dengan reaktor penuh eceng gondok. Adapun nilai rerata terbaik untuk daya listrik yang dihasilkan selama tujuh hari pengukuran yaitu sebesar 0,4806 mW/m<sup>2</sup> pada reaktor penuh dengan tanaman eceng gondok.

Sementara itu melalui teknologi *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC) dengan media tanaman eceng gondok ini juga berpotensi mendegradasi kandungan fosfat dengan efisiensi

terbesar terletak pada reaktor dengan eceng gondok setengah penuh yakni 87,36%.

### Saran

Untuk penelitian selanjutnya, dapat mengkaji lebih lanjut mengenai desain reaktor dan elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik yang lebih besar serta efisiensi degradasi fosfat lebih besar dan stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arizuna, Mutiara. dkk. 2014. Diponegoro Journal of Maquares Management of Aquatic Resources. *Kandungan Nitrat dan Fosfat Dalam Air Pori Sedimen di Sungai dan Muara Sungai Wedung Demak*. Volume 3, Nomor 1, Tahun 2014, Halaman 7-16.
- Cronquist, A., 1981, *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*, New York, Columbia University Press, 477.
- Gerbono, A. dan Siregar, A., 2005. "Kerajinan Eceng Gondok", Kanisius, Yogyakarta.
- Huan Deng, Zheng Chen, and Feng Zhao. 2011. *Energy from Plants and Microorganisms: Progress in Plant-Microbial Fuel Cells*. Chemsuscem
- Kurniawati, Dian A. dkk. 2017. Pemanfaatan Sistem *Microbial Fuel Cell* (Mfc) Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Pada Pengolahan COD Dalam Lindi Menggunakan Tumbuhan Sente (*Alocasia macrorrhiza*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6, No. 2 (2017)
- Nwokocha, John V., Nwaulari J Nwokocha, Lebe A Nnanna. 2012. *The Microbial Fuel Cell : The Solution to the Global Energy and Environmental Crises*. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*. 1(1) : 363-374.
- Pilon-Smits, E. 2003. *Phytoremediation: Environmental Cleanup Using Plants*. <http://www.engr.colostate.edu/CH524/epsphytones.pdf#search=phytoremediati>.
- Renilaili, 2015. *Jurnal Ilmiah TEKNO* Vol.12 No.1, *Enceng Gondok Sebagai Biogas Yang Ramah Lingkungan*. Universitas Bina Darma, Palembang.
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Alumni. Bandung. Timmers,

Ruud A., et al. "Long-term performance of a plant microbial fuel cell with *Spartina anglica*." *Applied microbiology and biotechnology* 86.3(2010): 973-981.

Timmers, Ruud A., et al. "Long-term performance of a plant microbial fuel cell with *Spartina anglica*." *Applied microbiology and biotechnology* 86.3 (2010): 973-981.