

## Laju Reaksi Penghilangan Fosfat pada Limbah Cair Artifisial NPK Menggunakan Sistem *Floating Treatment Wetlands*

Sugiarti<sup>1\*</sup>, Nurul Setiadewi<sup>1</sup>, Cynthia Henny<sup>1</sup>, Dewi Verawati<sup>1</sup>, dan Agus Waluyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bogor, Indonesia

Corresponding Author:  
Sugiarti  
sugiartiyusuf2@gmail.com

Received: July 2023  
Accepted: September 2023  
Published: September 2023

©Sugiarti et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

### Abstract

Floating Treatment Wetland (FTW) is a form of wetland that functions to remove waste such as Nitrogen (N element) and Phosphorus (Phosphorous/P element) waste by utilizing plant roots as pollutant absorbers. This study aims to examine the reaction rate of phosphate removal from synthetic P waste through FTW. The water plants used were water jasmine (*Echinodorus palifolius*) and banana (*Heliconia psittacorum*). Four FTW ponds are filled with synthetic P waste. The first pond is a control pond, while the second pond is filled with FTW without plants, and the third and fourth ponds are filled with each of the aquatic plants mentioned above. The study was conducted from July to mid-August 2019. Water samples were taken in four pools five times in the first week, three times in the second week and twice in the third to sixth weeks. The parameters measured are water temperature, pH, Oxidative Reductive Potential (ORP) and phosphate. The data analysis carried out was calculating the phosphate reaction rate for each measured sample. The rate of phosphate decreases in proportion to the decrease in phosphate concentration in the test pond. Aquatic plants have been proven to remove phosphate from synthetic waste by using it as a nutrient for plant growth.

**Keywords:** *waste water; artificial NPK; floating treatment wetlands; phosphate; reaction rate.*

### Pendahuluan

Lahan Basah Terapung (*Floating Treatment Wetlands/FTW*) merupakan sistem dengan media mengapung di air dengan tanaman *emergent* atau tanaman yang akarnya tumbuh pada sedimen atau yang tumbuh pada media tanam. FTW bisa dikatakan seperti pulau dengan tanaman mengapung atau rakit bertanaman yang ditempatkan langsung di atas air, yang berfungsi untuk: 1) penyisihan nutrisi, 2) filtrasi padatan tersuspensi untuk

mengurangi resiko sedimentasi, 3) transformasi rantai makanan, mengalihkan nutrisi dari fitoplankton, 4) habitat akuatik baru bagi ikan dan organisme lainnya, 5) habitat burung dan satwa liar lainnya <sup>[1],[2]</sup>. FTW merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah secara alamiah untuk mengurangi pencemaran pada suatu badan air dengan memanfaatkan akar tanaman sebagai penyerap polutan. FTW dibentuk menggunakan media apung yang mendukung pertumbuhan tanaman secara hidrofonik <sup>[3]</sup>. Secara umum FTW terdiri atas tanaman, media

tanam dan media apung (*bouyant material* dan *bouyant mat*) serta sistem tambatan (*anchoring*)<sup>[4]</sup>.

Penelitian ini merupakan kajian awal pengolahan limbah pupuk NPK menggunakan sistem FTW. Media tanam yang digunakan yaitu tanah, media apungnya berupa pipa paralon dan *bouyant mat* yang terdiri atas tali, lapisan karet, dan sekam. Tanaman air yang digunakan adalah melati air (*Echinodorus palifolius*) dan pisang-pisangan (*Heliconia psittacorum*) yang merupakan jenis tumbuhan air yang termasuk ke dalam tipe *emergent*. Secara morfologi tipe *emergent* lebih mudah bertahan hidup pada air yang berarus dibandingkan tipe lainnya, karena akarnya yang menempel pada substrat akan menahannya untuk tetap berada di posisi semula sedangkan batang dan daunnya mencuat di atas permukaan air. Perakaran tanaman air tanaman melati air dan pisang-pisangan yang rimbun dapat mengurangi kecepatan aliran air, sehingga padatan yang tersuspensi mempunyai kesempatan untuk mengendap. Perakaran dapat mengurangi kecepatan aliran air, selanjutnya partikel padatan sedikit demi sedikit akan mengendap di dasar perairan karena tidak terbawa hanyut oleh aliran air.

Unsur Fosfor (P) dan Nitrogen (N) adalah unsur makro pada tanaman<sup>[5]</sup> dan bentuk fosfor pada senyawa fosfat dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan<sup>[6]</sup>. Keberadaan tumbuhan air di badan air dapat menyaring nutrisi yang terkandung didalamnya. Penurunan konsentrasi fosfat pada bak sistem FTW terkait dengan faktor penyerapan unsur fosfat oleh tanaman sebagai nutrisi. Namun, keseimbangan ekosistem perairan dipengaruhi oleh keberadaan senyawa fosfat di dalam air. Apabila kadar fosfat dalam perairan rendah, pertumbuhan organisme atau tumbuhan air akan terhambat. Begitu pula sebaliknya, kadar fosfat yang tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan organisme menjadi tidak terbatas, sehingga dapat merusak ekosistem air<sup>[7]</sup>.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan laju reaksi pengurangan konsentrasi fosfat yang berasal dari limbah sintetik pupuk NPK menggunakan sistem FTW dengan memanfaatkan melati air (*Echinodorus palifolius*) dan pisang - pisang (*Heliconia psittacorum*). Beberapa kebaruan dalam penelitian ini adalah luasan kolam dengan dimensi, volume air kolam, dan konsentrasi fosfat awal. Laju reaksi penghilangan fosfat ataupun unsur lainnya di FTW menarik untuk dipelajari dalam kaitannya dengan proses-proses fisika kimia atau biologi dalam sistem FTW.

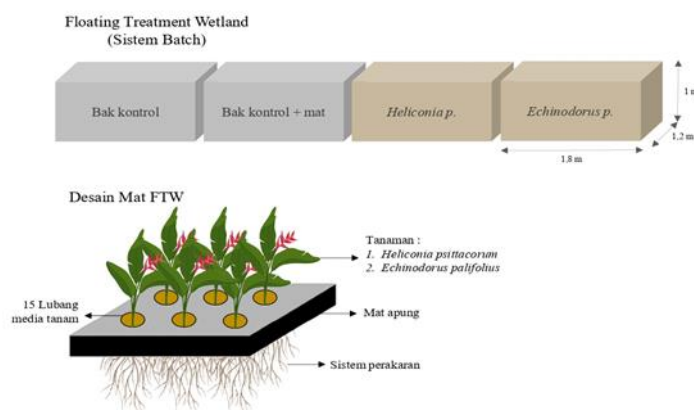
## Metodologi Penelitian

### Bahan dan peralatan

Sistem FTW dilakukan pada skala laboratorium (Gambar 1). Letak geografis tempat penelitian di Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air BRIN adalah Latitude : -6.49220 dan Longitude: 106.85209. Kolam FTW didesain sebanyak 4 kolam. kolam FTW merupakan kolam beton sebanyak 4 (empat) buah, dengan dimensi panjang x lebar x kedalaman sebesar 1.8 x 1.2 x 1.0 meter. Kolam 1 merupakan kolam kontrol, kolam 2 berisi FTW tanpa tanaman air, kolam 3 berisi FTW dengan tanaman melati air dan kolam 4 berisi FTW dengan tanaman pisang-pisangan. Limbah buatan berupa pupuk NPK bervolume 2000 Liter dengan konsentrasi fosfat sebesar 0.7 mg/L. Pupuk NPK yang digunakan adalah pupuk NPK mutiara 16-16-16 produksi PT. Meroke Tetap Jaya kemasan repack 500 gram. Jumlah tanaman air yang ditanam pada media FTW sebanyak 15 buah. Pada tahap awal penelitian, Panjang batang diseragamkan menjadi 20 cm dan telah tumbuh akar pada kedua jenis tanaman tersebut. Panjang tanaman air yang digunakan yaitu 20 cm untuk keseragaman panjang tanaman, bagian tanaman sudah lengkap dengan akar, batang dan daun yang jelas, serta memudahkan pengamatan pertumbuhan tanaman. Desain kolam FTW dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Sistem *Floating Treatment Wetlands* (FTW) skala laboratorium



**Gambar 2.** Desain FTW skala laboratorium

### Prosedur penelitian

Pengambilan sampel dilakukan dengan interval waktu 5x, 3x dan 2x seminggu, dalam kurun waktu dua minggu untuk masing masing interval waktu tersebut. Pengukuran parameter kualitas air, antara lain pH, suhu air, kekeruhan, konduktivitas, ORP (*Oxidative Reductive Potential*) dan DO (*Dissolved Oxygen*), dilakukan secara in situ menggunakan instrumen WQC (*Water Quality Checker*) YSI Pro. Parameter fosfat dianalisis di laboratorium dengan metode asam askorbat<sup>[8]</sup>.

Efisiensi pengurangan (*Efficiency Removal* atau ER) fosfat dalam % dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\% \text{ ER} = \frac{C_{\text{in}} - C_{\text{out}}}{C_{\text{in}}}$$

dimana,  $C_{\text{in}}$  adalah konsentrasi nutrient awal dan  $C_{\text{out}}$  adalah konsentrasi nutrient akhir, dalam satuan mg/L.

Laju reaksi penyisihan fosfat dalam mol/detik dihitung dengan rumus berikut ini:

$$v = \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$$

dimana P adalah perubahan konsentrasi fosfat (mol) dan t adalah perubahan waktu (detik)

### Hasil dan Diskusi

#### Pengukuran Kualitas Air pada Sistem FTWs

##### Suhu Air

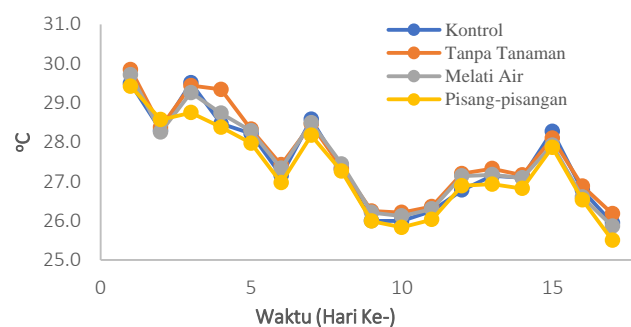
Hasil pengukuran suhu pada eksperimen FTW menunjukkan tren fluktuatif yang cenderung menurun (Gambar 3). Namun, rentang suhu selama proses pengolahan masih pada kisaran

suhu normal yakni sebesar 25.50–29.85°C. Suhu sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan yang berpengaruh bagi pertumbuhan organisme akuatik. Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (latitude), ketinggian dari permukaan laut (altitude), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air [6].

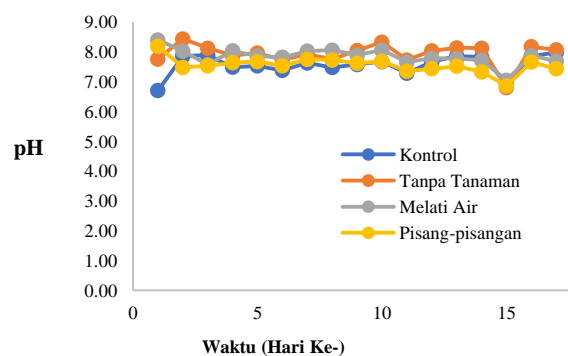
Parameter suhu berpengaruh terhadap aktivitas baik mikroorganisme maupun tanaman. Hal ini akan berdampak bagi performa suatu sistem pengolahan air limbah [9]. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman melati air berada pada kisaran 25-35°C [10]. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengamatan pada penelitian ini, menandakan bahwa kondisi lingkungan dalam sistem FTW berlangsung dengan baik dan optimal.

### pH

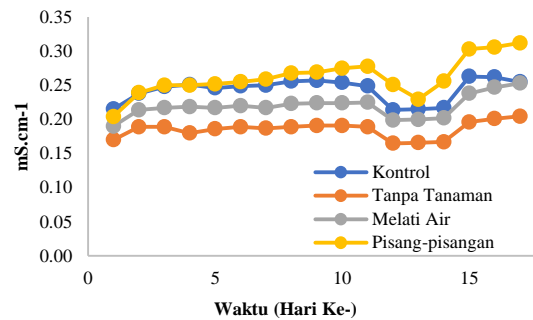
Nilai pH rata-rata yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada nilai yang stabil dan tidak ada perubahan yang drsatis (Gambar 4). Besaran pH pada perairan merupakan indikator penting dalam penentuan kualitas air dan pencemaran badan air [11]. Pada sistem pengolahan menggunakan lahan basah, nilai pH diharapkan berada pada kondisi atau mendekati netral, karena hal ini akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis tanaman dan aktivitas mikroorganisme dalam sistem pengolahan [12]. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pH yang berada diluar batas normal, seperti dibawah 4.0 atau diatas 9.5, dapat mengganggu kestabilan pertumbuhan mikroorganisme [13]. Nilai pH hasil penelitian ini, cenderung netral pada kisaran 7 - 8.5. Dengan demikian, menandakan bahwa kondisi lingkungan dalam sistem FTW berlangsung dengan baik.



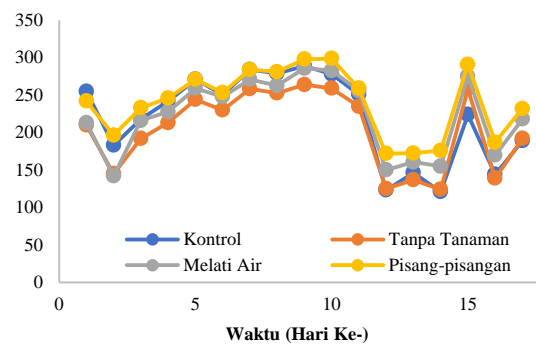
**Gambar 3.** Distribusi nilai suhu pada kolam FTW



**Gambar 4.** Distribusi nilai pH pada kolam FTW



**Gambar 5.** Distribusi nilai konduktivitas pada kolam FTW



**Gambar 6.** Distribusi nilai ORP pada kolam FTW

### Konduktivitas

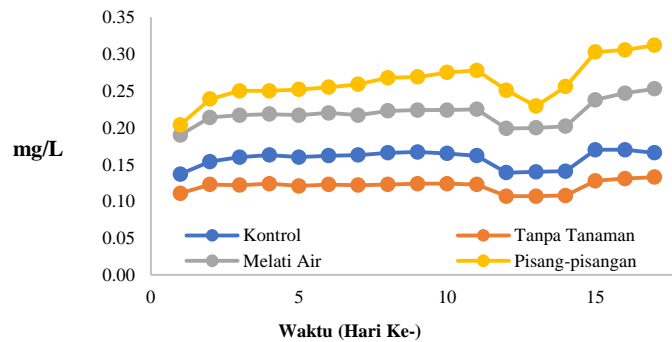
Nilai konduktivitas menunjukkan pola yang cukup stabil yakni pada rentang 0.143 – 0.132 mS/cm, yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pola yang stabil juga terjadi pada hasil pengukuran parameter TDS yakni pada kisaran 0.106 – 0.203 g/L. Nilai konduktivitas memiliki hubungan linier dengan TDS<sup>[14]</sup>. Konduktivitas dipengaruhi oleh konsentrasi ion yang terkandung di dalam larutan. Dalam hal ini, limbah NPK pada air sistem FTWs akan terionisasi dan mempengaruhi konduktivitasnya. Semakin tinggi nilai TDS, maka semakin besar pula konduktivitas perairan tersebut<sup>[15]</sup>.

### ORP

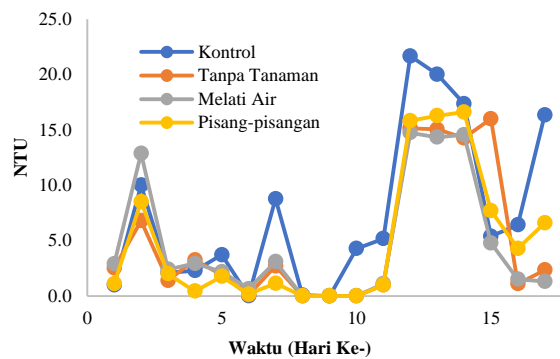
Nilai ORP erat kaitannya dengan substansi pengoksidasi, yaitu oksigen. Nilai ORP sedikit

dipengaruhi oleh suhu, namun sangat dipengaruhi oleh kadar oksigen<sup>[6]</sup>. Pada pengamatan hari ke 19 s/d 22, nilai ORP cenderung menurun (Gambar 6). Sedangkan, nilai turbiditas pada hari yang sama cenderung meningkat. Kondisi air kemungkinan menjadi anaerob dengan banyaknya material tersuspensi yang menyebabkan naiknya nilai turbiditas.

Nilai pH, konduktivitas dan ORP serta konsentrasi TDS cenderung stabil dari hari ke-1 sampai ke-15 untuk setiap kolam. Pada hari ke-23 dan seterusnya nilai pH, konduktivitas dan ORP serta konsentrasi TDS cenderung stabil kembali karena kemungkinan kondisi stasioner telah terjadi artinya ekosistem telah masuk dalam keadaan seimbang.



Gambar 7. Distribusi konsentrasi TDS pada kolam FTW



Gambar 8. Distribusi nilai turbiditas pada sistem FTW

**TDS**

Distribusi konsentrasi TDS dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai pH, konduktivitas dan ORP serta konsentrasi TDS cenderung stabil dari hari ke-1 sampai ke-15 untuk setiap kolam. Pada hari ke-19 sampai hari ke-22, dengan naiknya nilai turbiditas yang ditandai dengan perubahan warna air dari keempat kolam, maka nilai pH, konduktivitas dan ORP serta konsentrasi TDS cenderung menurun. Warna air pada keempat kolam mulai hijau yang kemungkinan disebabkan material tersuspensi di kolom air. Pada hari ke-23 dan seterusnya nilai pH, konduktivitas dan ORP serta konsentrasi TDS cenderung stabil kembali.. Hal ini kemungkinan terjadi karena aktifitas ion dalam larutan cenderung stabil.

**Turbiditas**

Distribusi nilai turbiditas dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai turbiditas cenderung meningkat karena kemungkinan telah tumbuh plankton di kolam. Apabila turbiditas tinggi dan mengurangi oksigen terlarut maka dapat terjadi kondisi anaerob dan nilai ORP menjadi rendah.

**Pengurangan fosfat pada Sistem FTW**

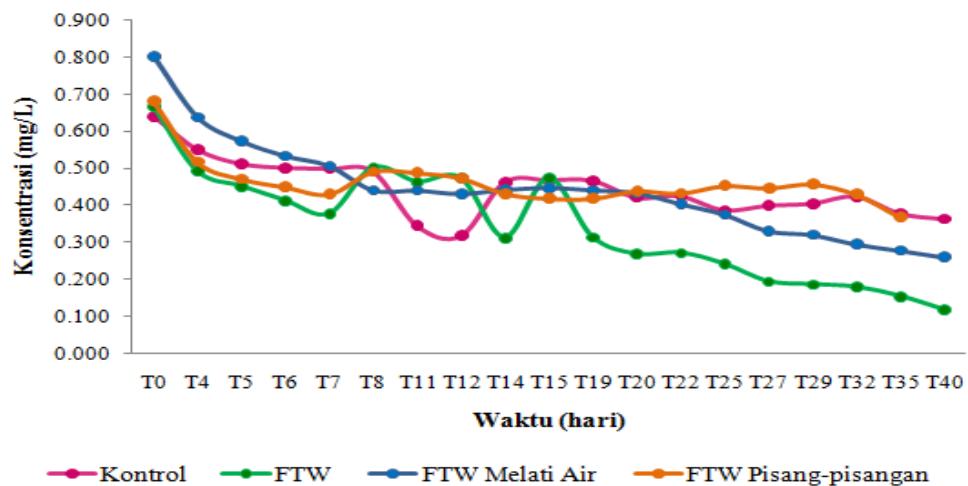
Hasil analisis fosfat cenderung menurun pada keempat kolam bak percobaan FTW. Pada kolam Kontrol dan tanpa tanaman, nilai fosfat mengalami fluktuasi pada pengamatan hari ke 7 s/d 21, hal ini dikarenakan banyaknya fitoplankton yang tumbuh di dalam air, yang ditandai dengan perubahan warna air menjadi kehijauan (Gambar 9).



Kolam FTWs dengan tanaman melati air memiliki efisiensi penyisihan fosfat sebesar 67.70% dan tanaman pisang-pisangan sebesar 45.92%. Tanaman air yang digunakan pada FTWs dapat menurunkan konsentrasi fosfat pada air, terlihat dari pertumbuhan yang baik dari kedua tanaman pada FTW, yang ditandai tumbuhnya daun, batang, bunga, dan akar tanaman. Berdasarkan hasil penelitian, melati air memiliki efisiensi lebih tinggi., dilihat dari pertumbuhan tanaman air tersebut. Efisiensi penghilangan fosfat dengan tanaman melati air lebih besar dari tanaman pisang-pisangan karena tanaman melati air lebih banyak menyerap fosfat dibandingkan dengan tanaman pisang-pisangan.

Pertumbuhan yang baik dari kedua tanaman pada FTWs, yang ditandai tumbuhnya daun, batang dan bunga tanaman (Gambar 10 dan 11). Tanaman melati air tumbuh baik dengan munculnya bunga dan pertumbuhan batang dan daun yang baik. Tanaman pisang – pisang tumbuh tinggi dengan pertumbuhan kelopak daun yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa kedua tanaman air dapat digunakan sebagai media penyerapan nutrisi yang cukup efektif pada sistem FTWs.

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik. Ortoposfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortoposfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan <sup>[6]</sup>.



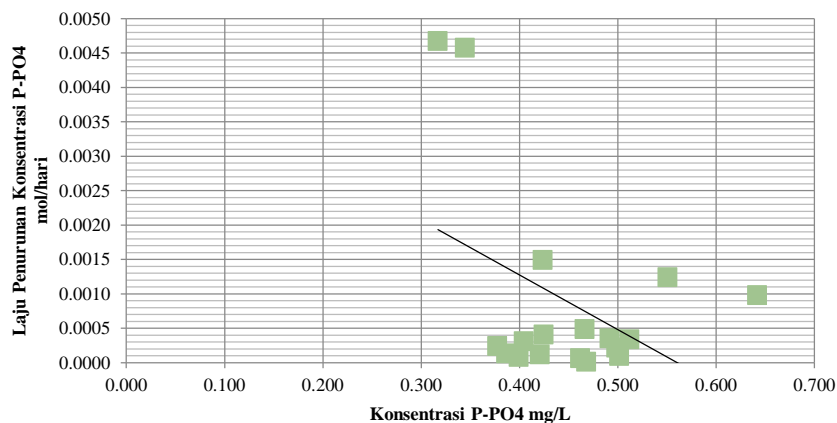
**Gambar 9.** Tren efisiensi kadar fosfat pada sistem FTWs untuk pengolahan limbah artifisial NPK



**Gambar 10.** Pertumbuhan tanaman melati air di kolam FTW



**Gambar 11.** Pertumbuhan tanaman pisang – pisangian di kolam FTW



**Gambar 12.** Laju Penurunan Konsentrasi P-PO4 di kolam kontrol

### Laju Reaksi Pengurangan Fosfat pada Sistem FTWs

Laju reaksi sebanding dengan jumlah tumbukan reaktan per satuan waktu dan jumlah tumbukan efektif. Jumlah tumbukan dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi, luas permukaan sentuh, temperatur sistem, katalis serta tekanan/volume sistem. Reaksi kimia dapat berlangsung karena molekul molekul reaktan saling bertumbukan dan bersamaan dengan itu energi hasil tumbukan yang dilepaskan harus dapat melampaui tingkat energi aktivasi (energi tumbukan terendah yang diperlukan untuk mencapai keadaan suatu reaksi dapat berlangsung).

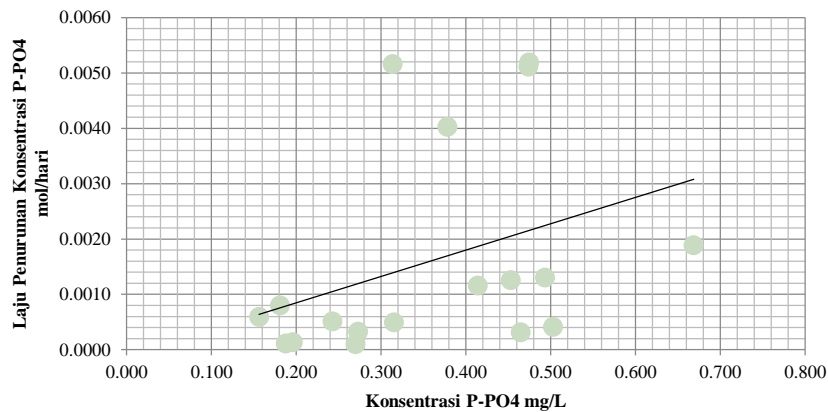
Laju reaksi pengurangan konsentrasi posfat kolam kontrol dapat dilihat pada Gambar 12. Laju reaksi cenderung stabil karena tidak ada

perubahan signifikan penurunan konsentrasi fosfat. Tren laju reaksi penghilangan posfat di kolam kontrol cenderung menurun karena tidak ada tanaman yang memanfaatkan menggunakan ion fosfat.

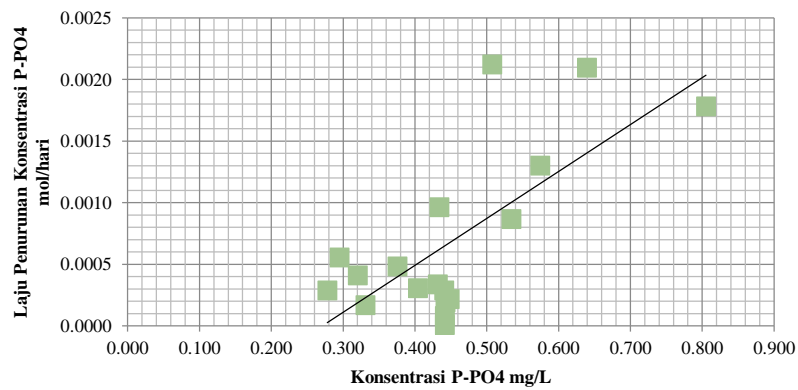
Laju reaksi pengurangan konsentrasi posfat kolam FTW tanpa tanaman dapat dilihat pada Gambar 13. Laju reaksi cenderung rendah dengan menurunnya konsentrasi posfat di dalam air limbah walaupun perubahan berlangsung perlahan lahan. Laju reaksi penghilangan posfat di kolam FTW cenderung naik tetapi perbedaannya tidak signifikan karena tidak ada tanaman yang memanfaatkan ion fosfat di larutan.

Laju reaksi pengurangan konsentrasi posfat kolam FTW dengan tanaman melati air dapat dilihat pada Gambar 14.

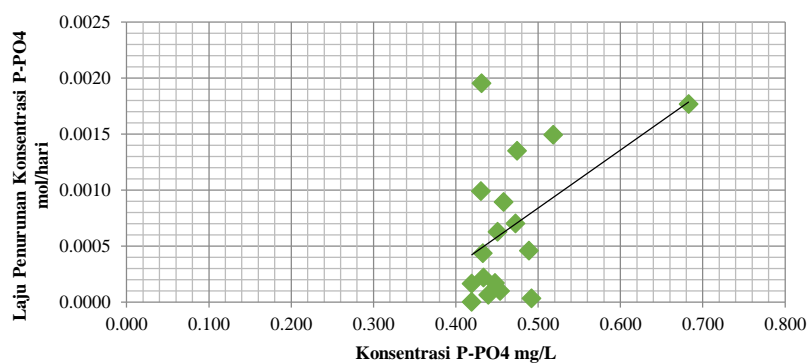




**Gambar 13.** Laju reaksi pengurangan konsentrasi fosfat kolam FTW tanpa tanaman



**Gambar 14.** Laju reaksi pengurangan konsentrasi fosfat kolam FTW dengan tanaman melati air



**Gambar 15.** Laju reaksi pengurangan konsentrasi fosfat kolam FTW dengan tanaman pisang - pisang

Laju reaksi pengurangan konsentrasi fosfat kolam FTW dengan tanaman pisang - pisang dapat dilihat pada Gambar 15.

Laju reaksi penghilangan fosfat secara umum semakin rendah dengan menurunnya konsentrasi fosfat di dalam air limbah. Laju

penurunan konsentrasi posfat semakin rendah karena konsentrasi posfat juga semakin rendah di empat kolam FTWs. Tanaman air memanfaatkan fosfat untuk pertumbuhannya, selain itu kemungkinan plankton juga memanfaatkan fosfat untuk kelangsungan hidupnya.

### Kesimpulan

Floating Treatment Wetlands ( FTW) menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus palifolius*) dan pisang-pisangan (*Heliconia psittacorum*) mampu menurunkan konsentrasi fosfat pada limbah NPK. FTW dengan tanaman melati air mampu menyerap fosfat hingga 67.70%, sementara dengan jenis tanaman pisang-pisangan penyerapan terjadi sebesar 45.92%. Laju reaksi penghilangan posfat di keempat bak semakin rendah dengan menurunnya konsentrasi posfat di dalam air limbah. Kedua jenis tanaman menunjukkan pertumbuhan yang baik yang ditandai dengan tumbuhnya daun, batang, bunga, dan akar tanaman. Tanaman air terbukti menghilangkan fosfat dari limbah sintetik dengan memakainya menjadi nutrient untuk pertumbuhan tanaman tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kedua tanaman air dapat digunakan sebagai media penyerapan nutrien yang cukup efektif pada sistem FTW.

### Daftar Pustaka

- Zhang, L., Sun, Z., Xie, J., Wu, J. & Cheng, S., Nutrient removal, biomass accumulation and nitrogen-transformation functional gene response to different nitrogen forms in enhanced floating treatment wetlands. *Ecol. Eng.*, **112(November 2017)**: 21–25 (2018).
- Henny, C., Kurniawan, R. & Akhdiana, I., Floating treatment wetlands and submerged vegetation for water quality improvement of an urban lake in megacity Jakarta, Indonesia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, **308(1)**: (2019).
- David J., What Is a Floating Treatment Wetland? Floating Treatment Wetlands. *Ph.D. Student, Biol. Syst. Eng.*, **(1)**: 1–5 (2013).
- Pusparinda, L. & Santoso, I. B., Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia. *J. Tek. ITS*, **5(2)**: (2016).
- Sunanisari, S., Santoso, A. B., Mulyana, E., Nomosatryo, S. & Mardiyati, Y., Penyebaran Populasi Tumbuhan Air di Danau Singkarak. *Limnotek*, **XV(2)**: 112–119 (2008).
- Khaeksi, I. P., Haeruddin. & Muskananfolo, M. R., Status Pencemaran Sungai Plumbon Ditinjau dari Aspek Total Padatan Tersuspensi dan Struktur Komunitas Makrozoobentos. *Diponegoro J. Maquares*, **4(1973)**: 1–10 (2015).
- Sutamihardja, R., Azizah, M. & Hardini, Y., Studi Dinamika Senyawa Fosfat Dalam Kualitas Air Sungai Ciliwung Hulu Kota Bogor. *J. Sains Nat.*, **8(1)**: 43 (2018).
- APHA., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *Am. J. Public Health*, **13(6)**: 498–499 (2017).
- Astuti, A. D., Lindu, M., Yanidar, R. & Kleden, M. M., Kinerja Subsurface Constructed Wetland Multylayer Filtration Tipe Aliran Vertikal dengan menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetivera Zozanoides*) dalam Penyisihan BOD dan COD dalam Air Limbah Kantin. *J. Penelit. Dan Karya Ilm. Lemb. Penelit. Univ. Trisakti*, **1(2)**: 91–108 (2017).
- Setiyanto, R. A., Darundiati, Y. H. & Joko, T., Efektivitas Sistem Constructed Wetlands Kombinasi Melati Air (*Echinodorus palaeifolius*) dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang. *J. Kesehat. Masy.*, **4(1)**: 436–445 (2016).
- Dian Fisesa, E., Setyobudiandi, I. & Krisanti, M., Kondisi perairan dan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Belumai Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. *Depik*, **3(1)**: 1–9 (2014).

12. Sari, P., Sudarno. & Wisnu, I., Pengaruh Jumlah Tanaman *Cyperus Alternifolius* dan Waktu Tinggal Limbah dalam Penyisihan Kadar Ammoniak, Nitrit, Dan Nitrat (Studi Kasus: Pabrik Minyak Kayu Putih). *J. Tek. Lingkung.*, **4(2)**: 3–6 (2015).
13. Kaswinarni, F., Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu (Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal, dan Gagak Sipat Boyolali). *Tesis*, 1–83 (2007).
14. Irwan, F. & Afdal, A., Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik Dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur Pada Beberapa Jenis Air. *J. Fis. Unand*, **5(1)**: 85–93 (2016).
15. Siswoyo, M. M. & Nicola, F., Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) Dan TSS (Total Suspended Solid) Dengan Kadar  $Fe^{2+}$  Dan Fe Total Pada Air Sumur Gali Di Daerah Sumbersari, Puger Dan Kencong Kabupaten Jember. *Semin. Nas. Kim.*, 159–164 (2015).