

EFISIENSI TANAMAN *EQUISETUM HYMALE* DALAM MENURUNKAN KANDUNGAN FOSFAT AIR LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN SISTEM CONSTRUCTED WETLAND

Efficiency Of Equisetum Hymale Plant In Reducing Phosphate Content Of Laundry Wastewater Using Constructed Wetland System

Wulanda Anggi Munuqy^{1*}, Prayatni Soewondo²

¹Environmental Engineering, Bandung Institute of Technology

²Environmental Engineering, Bandung Institute of Technology

Email: anggimunuqy16@gmail.com

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 16-12-2024 Revised: 17-12-2024 Published: 31-12-2024</p> <p>Keywords <i>constructed wetland; equisetum hyemale; laundry wastewater; phosphate; phytoremediation</i></p>	<p><i>Laundry wastewater contains various pollutants, one of which is phosphate, which has the potential to pollute the environment if not treated properly. This study aims to evaluate the effectiveness of a constructed wetland system using Equisetum hyemale plants in reducing phosphate levels and other pollutant parameters in laundry wastewater. A constructed wetland system was designed with sand equipped with Equisetum hyemale plants as phytoremediation agents. Laundry wastewater was flowed through the system for 5 days, samples were analysed daily with 3 time intervals to measure pH and Phosphate parameters. The results showed that the constructed wetland system with Equisetum hyemale was able to reduce phosphate levels by 96.75% within 5 days. The effectiveness of this system shows that Equisetum hyemale has potential as an effective phytoremediation agent in reducing pollutant content in laundry wastewater. Phytoadsorption is the main mechanism in phosphate removal by Equisetum hyemale according to the first-order kinetics model with R² 0.9014.</i></p>
<p>Informasi Artikel</p> <p>Sejarah Artikel Diterima: 16-12-2024 Direvisi: 17-12-2024 Dipublikasi: 31-12-2024</p> <p>Kata kunci <i>constructed wetland; Equisetum hyemale; air limbah laundry; fosfat; fitoremediasi</i></p>	<p>Abstrak</p> <p>Air limbah laundry mengandung berbagai polutan salah satunya Fosfat, yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektifitas sistem constructed wetland menggunakan tanaman <i>Equisetum hyemale</i> dalam menurunkan kadar fosfat dan parameter polutan lainnya pada air limbah laundry. Sistem <i>constructed wetland</i> dirancang dengan pasir dilengkapi dengan tanaman <i>Equisetum hyemale</i> sebagai agen fitoremediasi. Air limbah laundry dialirkan melalui sistem selama 5 hari, sampel dianalisis setiap hari dengan 3 interval waktu untuk mengukur parameter pH dan Fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem constructed wetland dengan <i>Equisetum hyemale</i> mampu menurunkan kadar fosfat hingga 96,75% dalam waktu 5 hari. Efektifitas sistem ini menunjukkan bahwa <i>Equisetum hyemale</i> memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi yang efektif dalam mengurangi kandungan polutan pada air limbah laundry. Fitoadsorpsi menjadi mekanisme utama dalam penyisihan fosfat oleh <i>Equisetum hyemale</i> sesuai dengan model kinetika orde pertama dengan R² 0,9014.</p>
<p>Sitasi:</p>	

PENDAHULUAN

Air limbah laundry merupakan salah satu sumber pencemaran yang signifikan di lingkungan perkotaan, mengandung berbagai polutan seperti deterjen, fosfat dan bahan kimia berbahaya lainnya. Peningkatan jumlah penggunaan deterjen berbasis fosfat dalam proses pencucian telah menyebabkan eutrofikasi, penurunan kualitas air dan dampak negatif pada ekosistem perairan. Fosfor adalah nutrisi utama yang mendorong pertumbuhan ganggang di badan air. Ketika fosfat masuk ke badan air dengan konsentrasi tinggi, fosfat akan merangsang pertumbuhan ganggang yang cepat (Kim dkk., 2013). Ketika fosfat masuk ke dalam air melalui air limbah, maka akan menyebabkan eutrofikasi. Keadaan ini mengakibatkan meningkatnya kesuburan pada air dan menjadikan peningkatan pertumbuhan alga. Sehingga akan berdampak terhadap ekosistem di dalam perairan (Badamasi dkk., 2019). Oleh karena itu, pengolahan yang efektif dan berkelanjutan terhadap air limbah laundry menjadi semakin penting untuk melindungi lingkungan dan kesehatan terhadap masyarakat.

Berdasarkan hasil pengujian air limbah laundry salah satu industri laundry di daerah Haur Pancuh, Kota Bandung diperoleh kandungan fosfat dalam air limbah laundry mencapai 10,846 mg/L dimana kandungan fosfat pada air limbah yang diperbolehkan sebesar 0,2 mg/L. Sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan yakni Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Air limbah yang dihasilkan oleh pemilik usaha laundry langsung dibuang ke badan air tanpa proses pengolahan, sehingga badan air di area Haur Pancuh telah mengalami eutrofikasi.

Sistem *constructed wetland* merupakan salah satu teknologi fitoremediasi ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah. Sistem ini memanfaatkan proses alami dari tanaman, mikroba dan media yang digunakan untuk menyerap dan menguraikan polutan dalam air limbah (Malyan dkk., 2021). Fitoremediasi memanfaatkan tanaman sebagai fitoakumulator untuk membantu penyisihan polutan (Nurfita dkk., 2017). Salah satu tanaman yang memiliki potensi tinggi sebagai fitoakumulator ialah Tanaman bambu air (*Equisetum hymale*) tanaman ini memiliki kemampuan adaptasi yang baik dan efektif dalam menyerap nutrisi termasuk fosfat. dipilih sebagai tanaman fitoakumulator yang akan membantu penyerapan senyawa fosfat pada air limbah laundry. *Equisetum hyemale* menunjukkan sifat hiperakumulator yang dapat menyerap dan memusatkan polutan tingkat tinggi pada air, termasuk logam berat dan kontaminan organik (Faizsyahrani dkk., 2023). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa *Equisetum hyemale* dapat secara efektif mengurangi berbagai polutan dalam air limbah termasuk fosfat pada air limbah laundry (Violenta dkk., 2022) Fosfat merupakan jenis polutan dalam sistem perairan yang berguna sebagai nutrisi dan energi bagi tanaman untuk fotosintesis, sehingga potensi penggunaan fitoremediasi dalam penghilangan senyawa fosfat pada air limbah sangat besar (Chapman & Boucher, 2020). Sehingga metode *constructed wetland* menggunakan tanaman *Equisetum hymale* dapat menjadi teknologi yang dapat mengolah air limbah laundry.

METODE PENELITIAN

1. Klasifikasi Tanaman

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini yakni *Equisetum hyemale* yang umumnya dikenal sebagai *scouring rush* atau ekor kuda, tanaman ini adalah tanaman yang termasuk dalam *Equisetaceae family*. Berikut klasifikasi yang ada pada tanaman *Equisetum hyemale* (Husby, 2013):

- a. Kingdom: Plantae
- b. Division: Polypodiophyta
- c. Class: Polypodiopsida
- d. Order: Equisetales
- e. Family: Equisetaceae
- f. Genus: Equisetum
- g. Species: Equisetum hyemale

2. Tahap Aklimatisasi

Pada tahap ini dilakukan proses aklimatisasi pada tanaman *Equisetum hyemale* yang bertujuan untuk membantu tanaman beradaptasi dengan lingkungan barunya. Tanaman *Equisetum hyemale* perlu beradaptasi dengan berbagai kondisi seperti suhu dan kelembaban. Aklimatisasi juga membantu tanaman untuk bertahan dan berkembang di habitat yang berbeda. Tahapan ini dilakukan selama 5 hari dengan konsentrasi air limbah laundry 100%. Selama proses aklimatisasi berlangsung mengontrol pertumbuhan tanaman dan pH air limbah. Air limbah laundry mungkin mengandung berbagai zat kimia yang dapat mempengaruhi pH. Mengontrol pH dapat membantu mengurangi stres pada tanaman selama fase ini, menjaga pH dengan rentang yang sesuai dapat memaksimalkan penyerapan nutrisi dan kesehatan tanaman secara keseluruhan (Oktavia dkk., 2020). Hasil kontrol pada proses aklimatisasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Proses Aklimatisasi Tanaman

<i>Equisetum hymale</i>		
Hari	PH	Panjang Tanaman (cm)
1	9.53	7
2	8.89	7
3	8.30	7
4	8.04	7.5
5	7.94	7.8

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan tabel 1 diketahui tanaman mengalami pertumbuhan seiring lamanya proses aklimatisasi dan nilai pH yang sebelumnya bersifat basa menjadi netral akibat penyerapan polutan yang terjadi pada akar tanaman. Nilai pH yang awalnya bersifat basa dapat berubah menjadi netral akibat penyerapan polutan oleh akar tanaman. Hal ini penting karena pH netral merupakan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam proses fitoremediasi. Penelitian sebelumnya mencatat bahwa perubahan pH terjadi seiring dengan peningkatan daya serap tanaman terhadap polutan (Al Kholif dkk., 2023).

3. Baku Mutu Air Limbah Laundry

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, baku mutu air limbah industri laundry dapat dilihat pada tabel 2.

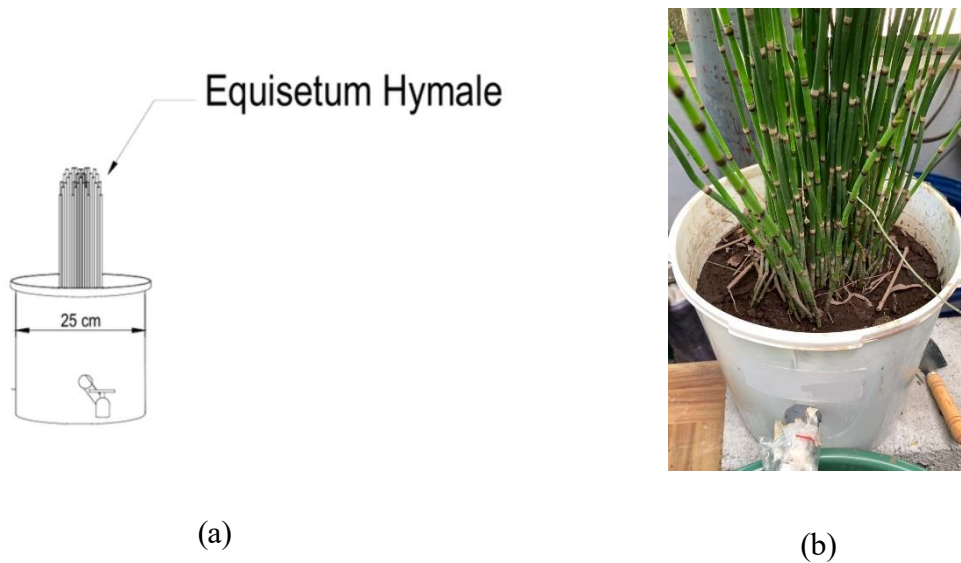
Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Laundry

Parameter	Baku Mutu (mg/L)
BOD ₅	0,075
COD	0,180
TSS	0,06
Minyak dan Lemak	0,015
Fosfat	0,2
Surfaktan	0,2
pH	6,0-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

4. Uji Kinetika Penyisihan Fosfat

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 reaktor lahan basah buatan sistem sub-surface, kapasitas 8 L, kerikil dan tanah untuk menopang tanaman, serta tanaman *Equisetum hymale* dengan panjang 50 cm yang telah melalui proses aklimatisasi. Proses pengolahan dilakukan dengan sistem batch dengan variasi beban pencemar sebesar 7 ppm, 5 ppm dan 3ppm. Pengujian senyawa fosfat pada air limbah dilakukan setiap hari dengan 3 interval waktu pengambilan sampel pada inlet dan outlet reaktor guna mengetahui berapa lama waktu yang dapat digunakan untuk menyerap senyawa fosfat pada tanaman *Equisetum hymale*. Pengujian senyawa fosfat pada sampel dilakukan dengan menggunakan metode sesuai SNI 06-6989.31-2005.



Gambar 1. (a) Reaktor Constructed Wetland, (b) Tanaman Fitoakumulator

Perhitungan persentase penyisihan dan persamaan model polutan orde satu digunakan untuk mencari model kinetika pada *constructed wetland* dengan *Equisetum hymale* yang dinyatakan dalam persamaan 1 dan 2 (Farzadkia dkk., 2015).

$$Removal (\%) = \frac{Inletconcentration - Outletconcentration}{Inletconcentration} \times 100\% \quad (1)$$

$$\frac{S_i - S_e}{HRT} = K_1 S_e \dots\dots\dots (2)$$

Pada persamaan 2 S_i adalah konsentrasi influent (mg/L), S_e adalah konsentrasi effluent (mg/L), HRT adalah waktu tinggal (hari), dan K_1 adalah koefisien kinetik orde pertama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Karakteristik Air Limbah Laundry

Pada penelitian ini air limbah laundry yang digunakan berasal dari salah satu usaha laundry di daerah Haur Pancuh, Kota Bandung. Uji karakteristik air limbah laundry ini dilakukan guna mengetahui kandungan polutan yang ada pada air limbah laundry apakah telah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 3. Karakteristik Air Limbah Laundry

NO	PARAMETER	KONSENTRASI (mg/L)	KONSENTRASI** (mg/L)	BAKU MUTU* (mg/L)
1	TSS	360	-	60
2	COD	231,05	754,35	180
3	BOD	882	-	75
4	Fosfat	10,8	7,843	0.2
5	Surfaktan	5,8	363,7	0.2
6	pH	10	10,53	6-9

Sumber: Hasil Penelitian 2024

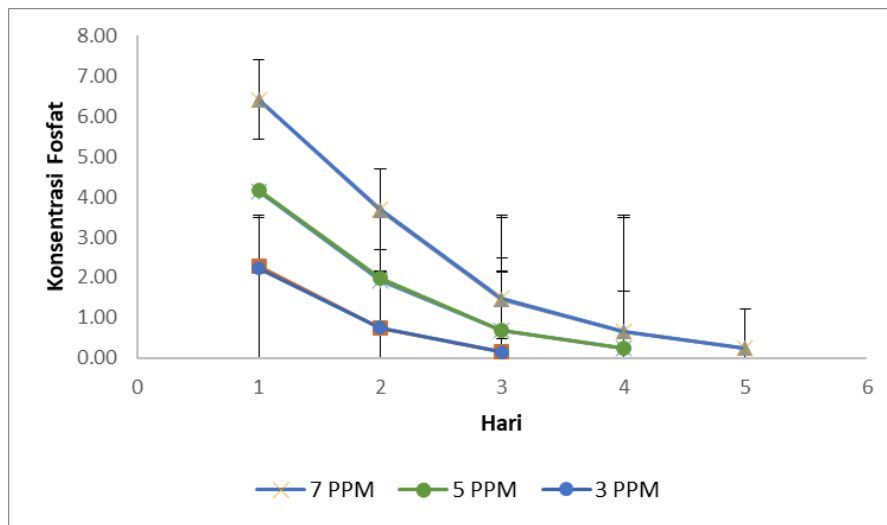
Ket: *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

**Hasil penelitian (Hudori & Soewondo, 2017)

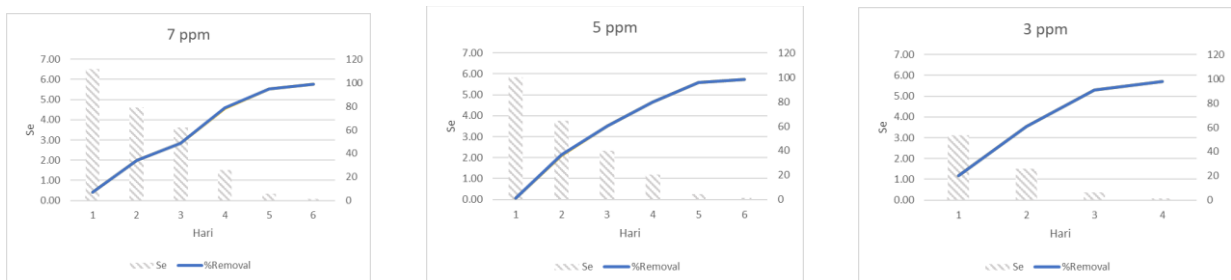
Berdasarkan hasil analisa pengujian karakteristik yang telah dilakukan, konsentrasi fosfat pada air limbah laundry menunjukkan konsentrasi sebesar 10,8 mg/L dengan pH 10. Menurut Effendi, (2012) badan air yang memiliki konsentrasi fosfat lebih dari 0,200 mg/L dapat disebut dengan situasi hiperutrofik. Hiperutrofik merupakan kondisi dimana terjadinya peningkatan nutrisi yang dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan di perairan sehingga menyebabkan penurunan kualitas air dan dampak negatif terhadap ekosistem akuatik.

2. Analisis Kinetika Penyisihan Fosfat pada *Equistem hyemale*

Persentase penyisihan fosfat telah dihitung menggunakan persamaan 1 dengan membandingkan nilai konsentrasi awal dan konsentrasi akhir pada masing-masing reaktor. Hasil analisa penyisihan pada masing-masing reaktor dengan variasi pencemaran dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Penyisihan fosfat (PO₄-P) pada *constructed Wetland* dengan *Equisetum hymale*.



Gambar 3. Efisiensi penyisihan fosfat (PO₄-P) pada *constructed Wetland* dengan *Equisetum hymale*.

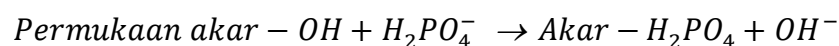
Hasil penelitian pengolahan air limbah laundry menggunakan teknologi fitoremediasi sistem *constructed wetland* dengan *Equisetum hymale* pada gambar 2 dan 3 menunjukkan penyisihan terbesar terjadi pada hari ke-5 dimana tanaman *Equisetum hymale* dapat menyerap senyawa fosfat (PO₄-P) menjadi 0.22 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 96.75%. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Violenta dkk., (2022) dimana efisiensi penyisihan hingga 83.28% dan juga penelitian Wahyudianto dkk., (2019) dengan efisiensi penyisihan sebesar 94,49%.

Equisetum hyemale mampu menyerap senyawa fosfat pada air limbah laundry melalui proses fitoakumulasi dari akarnya. Proses ini memungkinkan tanaman mengakumulasi nutrisi, termasuk fosfat, yang diperlukan untuk pertumbuhannya. Tanaman *Equisetum hymale* dapat berkontribusi secara signifikan dalam menurunkan konsentrasi fosfat dalam limbah air laundry (Sitia & Juswardi, 2022). Pada lahan basah yang dibangun, tanah yang secara alami

mengandung mineral dan logam dapat memfiksasi ortofosfat, menyebabkan pengendapan fosfat di lapisan tanah. Selain itu, mikroorganisme di lahan basah, termasuk yang ada di rizosfer *Equisetum hymale*, dapat mengubah fosfat yang tidak larut menjadi fosfat yang dapat larut, sehingga memudahkan penyisihannya (Violenta dkk., 2022). Tanaman seperti *Equisetum hymale* berkontribusi pada proses ini dengan melepaskan eksudat akar yang dapat mengubah pH tanah dan meningkatkan aktivitas mikroba, yang selanjutnya meningkatkan kelarutan fosfor dan ketersediaan untuk diserap (Wahyudianto dkk., 2019).

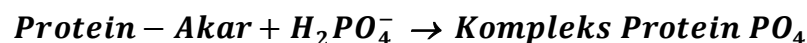
Mekanisme penyerapan untuk penghilangan fosfat pada constructed wetland menggunakan *Equisetum hyemale* melibatkan beberapa proses utama yang memfasilitasi penyerapan fosfor dari air limbah laundry. Mekanisme ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni proses adsorpsi dan Penyerapan fosfor oleh akar tanaman. Reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi fosfat pada permukaan akar sebagai berikut (Gao & Zhang, 2022).

3. Adsorpsi Fosfat:



Ion fosfat terlarut ($H_2PO_4^-$) akan teradsorpsi pada permukaan akar *Equisetum hyemale* dan media substrat (tanah atau kerikil) dalam constructed wetland. Fosfat yang larut dalam air dan teradsorpsi pada permukaan akar akan diserap oleh tanaman dan dimanfaatkan kembali untuk pertumbuhan tanaman. Fosfat kemudian bermetabolisme dalam jaringan tanaman sehingga membantu menurunkan kadar fosfat dalam air.

Umumnya reaksi yang terjadi dalam fitoremediasi fosfat adalah beberapa senyawa yang dikeluarkan akar seperti protein dan enzim dapat berikatan dengan ion fosfat membentuk kompleks. Bentuk tersebut membantu mengurangi kelarutan dan pergerakan fosfat di dalam air.

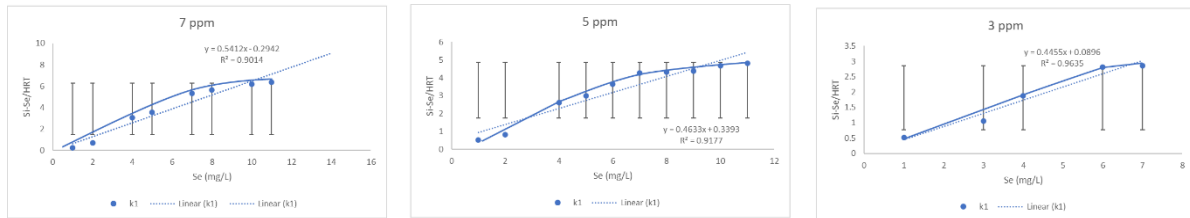


Akar akan memanfaatkan jaringan meristematis untuk menyerap air dan nutrisi terlarut, termasuk fosfat dari air limbah. Akar selanjutnya mengeluarkan asam organik yang membantu melarutkan fosfat sehingga mudah diserap (Monica dkk., 2023). Melalui mekanisme ini, *Equisetum hyemale* dapat mengurangi kadar fosfat dalam air limbah laundry secara efektif dalam sistem *constructed wetland*.

4. Model Kinetika

Pada studi kinetika ini, model yang digunakan adalah model kinetika orde satu yang dijelaskan pada persamaan 2. Model ini digunakan untuk mengetahui kecenderungan proses yang terjadi pada *constructed wetland* dengan *Equisetum hymale* dalam mereduksi kandungan fosfat dari air limbah laundry (Wahyudianto dkk., 2019). Hasil model yang didapatkan dari

percobaan batch pada constructed wetland dengan *Equisetum hymale* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kinetika penyisihan fosfat

Pada gambar 4 menunjukkan penyisihan fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) dimana korelasi antara konsentrasi limbah (Se) dengan reduksi konsentrasi (Si-Se) untuk setiap variasi waktu (HRT). Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui regresi linier $y = 0.5412x + 0.2942$ dengan koefisien regresi (R^2) adalah 0.9014 dimana proses penyisihan fosfat yang terjadi pada *constructed wetland* dengan *Equisetum hymale* terjadi secara kimiawi. Pada model kinetika orde pertama menunjukkan laju penghilangan fosfat oleh tanaman dapat berkurang seiring dengan menurunnya konsentrasi fosfat dalam media. Kinetika orde pertama dapat diterapkan juga dalam penyisihan ion logam (Winy Kurniawan dkk., 2016).

KESIMPULAN

Fitoremediasi dengan sistem *constructed wetland* menggunakan *Equisetum hymale* dapat mereduksi senyawa fosfat pada air limbah laundry dengan efisiensi penyisihan sebesar 96.75% dengan waktu kontak selama 5 hari. Mekanisme yang dilakukan ialah proses adsorpsi dan sedimentasi pada tanaman *Equisetum hymale* dan diakulasikan dengan mengacu pada model kinetika orde satu ($R^2 > 0.9014$).

SARAN

Pemilihan desain sistem *constructed wetland* lebih baik dengan mempertimbangkan luas permukaan untuk meningkatkan kontak antara air limbah dan tanaman saran ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada kepala laboratorium kualitas air Institut Teknologi Bandung serta Dosen-dosen yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., Pungut, P., & Nezarudin, S. I. (2023). Penerapan Teknologi Constructed Wetland (CW) dalam Menurunkan Kadar Cemaran pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2023.010.01.1>
- Badamasi, H., Yaro, M. N., Ibrahim, A., & Bashir, I. A. (2019). Impacts of Phosphates on Water Quality and Aquatic Life. *Chemistry Research Journal*, 4(3), 124–133.
- Chapman, K., & Boucher, J. (2020). Phosphorus phytoremediation using selected wetland plants in constructed floating mats. *Applied Water Science*, 10(6). <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01215-1>
- Effendi, H. (2012). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Faizsyahrani, L. P., Ulfah, M., Sumarno, & Hayat, M. S. (2023). Phytoremediation potential of Equisetum hyemale in diverse waste management: A decade-long literature synthesis on water Bamboo's role in industrial and domestic effluent treatment. *Biological Environment and Pollution*, 3(2), 69–75. <https://doi.org/10.31763/bioenvipo.v3i2.685>
- Farzadkia, M., Ehrampush, M. H., Mehrizi, E. A., Sadeghi, S., Talebi, P., Salehi, A., & Kermani, M. (2015). *Investigating the efficiency and kinetic coefficients of nutrient removal in the subsurface artificial wetland of Yazd wastewater treatment plant*.
- Gao, P., & Zhang, C. (2022). Study on Phosphorus Removal Pathway in Constructed Wetlands with Thermally Modified Sepiolite. *Sustainability (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912535>
- Hudori, & Soewondo, P. (2017). Pengolahan Air Limbah Laundry Dengan Menggunakan Elektrokoagulasi.
- Husby, C. (2013). Biology and Functional Ecology of Equisetum with Emphasis on the Giant Horsetails. *Botanical Review*, 79(2), 147–177. <https://doi.org/10.1007/s12229-012-9113-4>
- Kim, E., Yoo, S., Ro, H.-Y., Han, H.-J., Baek, Y.-W., Eom, I.-C., Kim, H.-M., Kim, P., & Choi, K. (2013). Aquatic Toxicity Assessment of Phosphate Compounds. *Environmental Health and Toxicology*, 28, e2013002. <https://doi.org/10.5620/eht.2013.28.e2013002>

- Malyan, S. K., Yadav, S., Sonkar, V., Goyal, V. C., Singh, O., & Singh, R. (2021). Mechanistic understanding of the pollutant removal and transformation processes in the constructed wetland system. Dalam *Water Environment Research* (Vol. 93, Nomor 10, hlm. 1882–1909). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/wer.1599>
- Monica, Y., Hamdan, A. M., Yahya, H., Shakira, A., & Shapira, D. (2023). Phytoremediation of Laundry Waste by Using *Brassica juncea* and *Brassica rapa*. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 7(7), 47–60. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v7i2.7518>
- Nurfita, A. E., Kurniati, E., & Haji, A. T. S. (2017). Efisiensi Removal Fosfat (PO₄³⁻) Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Fitoremediasi Kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 4(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21776/ub.jsal.2017.004.03.3>
- Oktavia, F., Stevanus, C. T., & Dessailly, F. (2020). OPTIMASI KONDISI SUHU DAN KELEMBABAN SERTA PENGARUH MEDIA TANAM TERHADAP KEBERHASILAN AKLIMATISASI TANAMAN KARET ASAL EMBRIOGENESIS SOMATIK. *Jurnal Penelitian Karet*. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v38i1.677>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup*. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen dan Produk-produk Minyak Nabati. www.pelatihanlingkungan.com
- Sitia, M., & Juswardi. (2022). POTENSI FITOREMEDIASI BAMBU AIR (*Equisetum hyemale* L.) DALAM MEREDUKSI LOGAM BERAT KROMIUM LIMBAH CAIR KAIN JUMPUTAN DENGAN SISTEM LAHAN BASAH BUATAN. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek VII*, 346–353.
- Violenta, N., Sutanto, H. B., & Prihatmo, G. (2022). *Laundry Wastewater Treatment by Hybrid System of Biofilter and Vertical Surface Flow Constructed Wetland with Equisetum hyemale* (Vol. 3, Nomor 1).
- Wahyudianto, F. E., Oktavetri, N. I., & Hariyanto, S. (2019). Kinetics of phosphorus removal from laundry wastewater in constructed wetlands with *Equisetum hymale*. *Journal of Ecological Engineering*, 20(6), 60–65. <https://doi.org/10.12911/22998993/108919>
- Winny Kurniawan, T., Darmawan Panjaitan, S., Sitorus, B., & Hadari Nawawi, J. H. (2016). PEMODELAN KINETIKA DAN ISOTHERM ADSORPSI ION LOGAM MERKURI MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT



KINETICS AND ADSORPTION ISOTHERM MODELLING OF MERCURY ION USING ACTIVATED CARBON FROM PALM EMPTY FRUIT BUNCHES. *Orbital*, 1(2), 59–79.

<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jp>