

**Fitoremediasi Kombinasi Tumbuhan Semanggi (*Marsilea crenata*) dan Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*) Terhadap Air Limbah Tinja**

***Phytoremediation of a Combination of Water Clover (*Marsilea crenata*) and Java Fern (*Microsorium pteropus*) for Fecal Wastewater***

Diyah Warda Zakia<sup>1\*)</sup>, Hamdani Dwi Prasetyo<sup>2 \*\*)</sup>, Husain Latuconsina<sup>3</sup>

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang  
*Faculty of Mathematic and Natural Science University Islam Malang*

**ABSTRAK**

Instalasi Pengolahan Limput Tinja (IPLT) merupakan system pengolahan air limbah yang bertujuan untuk mengolah limbah tinja agar tidak mencemari lingkungan. Salah satu proses pengolahan air limbah tinja di IPLT Supit Urang menggunakan proses fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi dari kombinasi tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) terhadap air limbah tinja di Instalasi Pengolahan Limbah Tinja. Penelitian ini merupakan penelitian metode eksperimental menggunakan 3 kali ulangan dan diamati sebanyak 5 kali dalam waktu 5 minggu dengan parameter yang diuji adalah Total padatan terlarut (TDS), Konduktivitas (EC), total padatan tersuspensi (TSS). Analisis Sidik Ragam (ANOVA) digunakan untuk membandingkan kemampuan kombinasi *Microsorium pteropus* dan *Marsilea crenata* dalam mereduksi limbah tinja antar minggu pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum kombinasi kedua jenis tumbuhan tersebut kurang efektif dalam mereduksi kandungan TDS, EC, dan TSS. Terdapat perbedaan signifikan kandungan tiga parameter fisik kualitas air tersebut antar minggu pengamatan.

**Kata kunci:** *Fitoremediasi, Instalasi Pengolahan Limbah Tinja, Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*), Semanggi air (*Marsilea crenata*)*

**ABSTRACT**

*The Fecal Sludge Treatment Plant (IPLT) is a wastewater treatment system that aims to treat fecal waste so it does not pollute the environment. One of the fecal waste water treatment processes at IPLT Supit Urang uses a phytoremediation process. This study aims to determine the phytoremediation ability of the combination of Water clover (*Marsilea crenata*) and Java fern (*Microsorium pteropus*) on fecal waste water in the Fecal Waste Treatment Plant. This research is an experimental research method using 3 repetitions and observed 5 times within 5 weeks with the tested parameters being total dissolved solids (TDS), Electric conductivity (EC), and total suspended solids (TSS). Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare the ability of the combination of *Microsorium pteropus* and *Marsilea crenata* to reduce faecal waste between weeks of observation. The results showed that in general the combination of the two plant species was less effective in reducing TDS, EC and TSS content. There were significant differences in the content of the three physical parameters of water quality between weeks of observation.*

**Keywords:** *Phytoremediation, Fecal waste treatment, Water Clover (*Marsilea crenata*), Java ferns (*Microsorium pteropus*)*

---

\*) Diyah Warda Zakia, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193, Malang 65144, e-mail: [dyahwardah4@gmail.com](mailto:dyahwardah4@gmail.com)

\*\*) Hamdani Dwi Prasetyo, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193, Malang 65144, e-mail: [hamdani.dwiprasetyo@unisma.ac.id](mailto:hamdani.dwiprasetyo@unisma.ac.id)

\*\*\*) Husain Latuconsina, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193, Malang 65144, e-mail: [husain.latuconsina@unisma.ac.id](mailto:husain.latuconsina@unisma.ac.id)

## Pendahuluan

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan sistem pengolahan air limbah setempat, system yang berkembang untuk menggantikan pendekatan sistem terpusat. IPLT adalah Instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya mengolah lumpur tinja dari penduduk setempat yang diangkut dengan truk penyedot tinja [1]. Salah satu proses pengolahan di IPLT supit Urang menggunakan proses fitoremediasi.

Fitoremediasi adalah teknik alternatif yang memanfaatkan kemampuan tumbuhan hidup untuk mengurangi volume, mobilitas, atau toksisitas kontaminasi dalam tanah, air atau media terkontaminasi lainnya [2]. Fitoremediasi menggunakan tanaman membantu membersihkan berbagai jenis polusi termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak, dan tanaman dapat membantu mencegah angin, hujan, tanah, dan air membawa polutan dari lokasi ke area lain [3]. Tumbuhan air lainnya sangat banyak dimanfaatkan untuk mereduksi air limbah air limbah lainnya. Beberapa tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi antara lain semanggi air (*Marsilea crenata*) [4]. Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) [5]. Eceng gondok, Kayu apu, Bambu air [6]. *Pistia stratiotes* [7]. Tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*) [8].

Penggunaan tumbuhan semanggi air dan pakis lidah kolam sebagai agen fitoremediasi banyak dilakukan oleh penelitian penelitian terdahulu. Tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) mampu menyerap LAS detergen yang terdapat pada penelitian [9] yang dimana LAS detergen merupakan polutan terbesar di perairan yang menyebabkan rendahnya ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan. Efektivitas semanggi air dalam menurunkan kadar TSS air limbah tahu juga ditunjukkan pada penelitian [4] yang dimana limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba di perairan. Pada umumnya tumbuhan air yang mampu mengakumulasi logam-logam berat yang telah disebutkan di atas maupun zat organik dengan cara menyimpan pada bagian organ tertentu pada tanaman akan berpotensi sebagai agen fitoremediasi. Pada penelitian [5] tumbuhan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) mampu mentolerir 500 mM Cd (Kadmium) dalam larutan tanpa mempengaruhi pertumbuhan pakis lidah organik dan dapat mengakumulasi lebih dari 100 mg/kg Cd (Kadmium) pada jaringan, organik atau Cd ini adalah satu logam berat yang terdapat pada perairan. Hal ini menunjukkan tumbuhan ini berpotensi besar sebagai akumulator.

Berdasarkan survey selama ini fitoremediator yang digunakan di kolam wetland IPLT Supit Urang adalah Tanaman Tasbih (*Canna indica*) dan Di IPLT Supit Urang belum pernah memanfaatkan tumbuhan lain termasuk tumbuhan Semanggi air (*Marsilea crenata*) dan Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*), sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tumbuhan Semanggi (*Marsilea crenata*) dan Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair tinja dalam proses pengolahan limbah yang lebih efisien di IPLT Supit Urang.

## Material dan Metode

### Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Ember/ Bak, Botol bekas, Alat tulis tangan dan Kamera, Gunting, Plastik, pH meter, Urbidimeter, TDS meter, EC meter, TSS AMTAST TB200, DO meter, Termometer. sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian antara lain Air Limbah Tinja kolam fakultatif 3 IPLT Supit Urang, Tumbuhan

Semanggi (*Marsilea crenata*), tumbuhan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) dan Aquades.

## Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai bulan Februari 2023 di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Supit Urang Kota Malang dan Laboratorium Terpadu dan Halal Center (THC) Universitas Islam Malang.

Metode yang dilakukan oleh penelitian ini adalah kuantitatif dengan metode eksperimen yaitu perlakuan air limbah tinja IPLT supit urang yang diberi kombinasi tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) sebagai fitoremediator. Penelitian ini menggunakan 3 kali pengulangan dan diamati sebanyak 5 kali yaitu minggu 0, minggu 1, minggu 2, minggu 3, minggu 4. Masing-masing waktu pengamatan diamati parameter TDS (*Total Dissolved Solid*), EC (*Electrical Conductivity*), dan TSS (*Total Suspended Solid*).

## Cara Kerja

**Persiapan dan pengambilan sampel:** mempersiapkan alat dan bahannya mengumpulkan galon le-mineral bekas untuk bak perlakuan dan botol aqua bekas untuk tempat sampel, kemudian mengambil sampel tumbuhan semanggi air dan pakis lidah kolam di pesawahan. Sampel air limbah diambil di kolam fakultatif 3 IPLT Supit Urang menggunakan galon yang masing-masing berisi 10 liter.

**Aklimatisasi:** sampel tumbuhan yang diambil dari pesawahan diaklimatisasi selama 7 hari. Menurut Dubey (2016) fase aklimatisasi memungkinkan tanaman untuk beradaptasi yang meningkatkan tingkat kelangsungan hidup serta meningkatkan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah dan air. Dan menurut [10] dalam penelitiannya waktu yang efisien tanaman diaklimatisasi adalah selama 7 hari.

**Pengukuran Parameter:** Parameter diukur pada penelitian ini yaitu TDS (*Total Dissolved Solid*) menggunakan TDS meter, EC (*Electrical Conductivity*) menggunakan EC meter, TSS (*Total Suspended Solid*) menggunakan TSS AMTAST TB200. Pengukuran parameter dilakukan seminggu sekali setiap hari selasa pada jam 10.00 WIB.

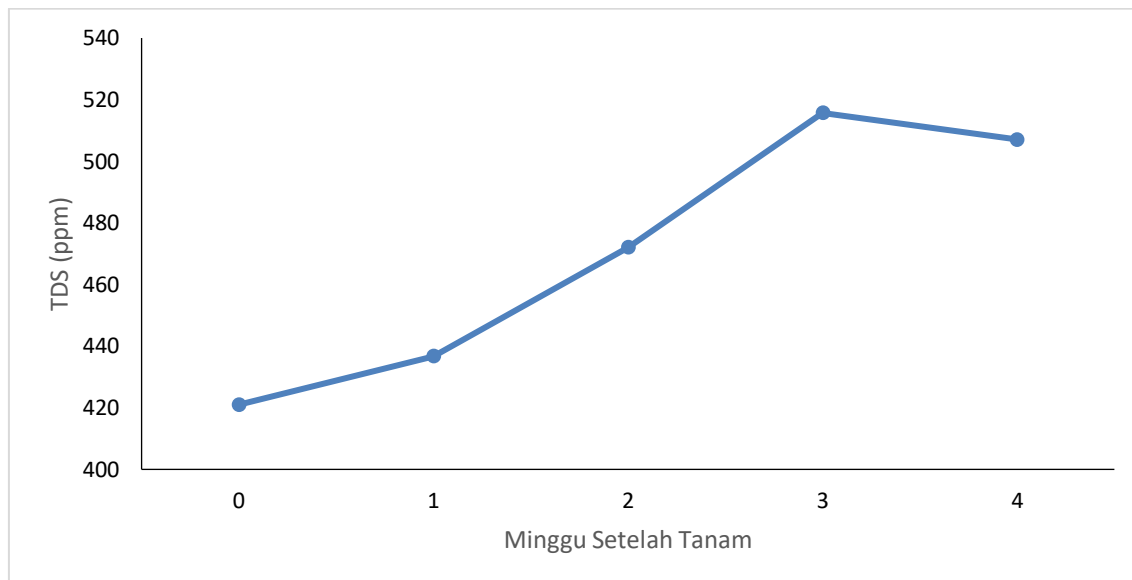
**Analisis data:** Untuk membandingkan efektivitas waktu kombinasi kedua tumbuhan dalam menurunkan bahan cemar dari limbah tinja maka digunakan Uji statistik yaitu Uji Anova. Analisis data dengan menggunakan aplikasi PAST (*Paleontological statistics*). Jika uji menunjukkan nilai  $p > 0,05$  maka terdapat perbedaan yang nyata, namun jika nilai hasil uji menunjukkan  $p < 0,05$  maka tidak terdapat perbedaan yang nyata pada variable yang diamati.

## Hasil dan Diskusi

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, pengukuran parameter untuk melihat keefektifan kombinasi tumbuhan semanggi air dan pakis lidah kolam dalam menurunkan kadar pencemar air limbah tinja terdapat hasil dan pembahasan sebagai berikut:

### 1. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Hasil pengukuran selama 5 minggu atau 28 hari kemampuan kombinasi tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) dicantumkan pada gambar 1. Uji statistika Anova parameter TDS menunjukkan hasil 0,002456, hasil data menunjukkan bahwa setiap waktu terdapat perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan dari uji statistika Anova nilai signifikan adalah  $< 0,05$  dan hasil yang tidak signifikan  $> 0,05$ .



**Gambar 1.** Nilai rata-rata konsentrasi TDS (*Total Dissolved Solid*) setiap minggunya

Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa efisiensi waktu pada konsentrasi TDS semakin meningkat. Dari gambar 1 menunjukkan nilai paling terendah terdapat pada minggu 0, hal ini menunjukkan sebelum air limbah tinja sebelum diberi perlakuan tumbuhan terdapat nilai yang rendah dibanding dengan setelah diberi perlakuan tumbuhan. Hal ini kemungkinan kedua tumbuhan semanggi air dan pakis lidah kolam memiliki kemampuan yang terbatas dalam menyerap zat pencemar air limbah tinja. Tumbuhan semanggi kurang efektif dalam mengatasi jenis polutan tertentu [11] tanaman semanggi memiliki kutikula yang tipis dan akar yang tipis [12] sehingga dapat membatasi penyerapan dan kemampuan tanaman untuk mengatasi polutan. Termasuk air limbah tinja yang memiliki zat pencemar terlalu toksik untuk tumbuhan semanggi, sehingga tumbuhan tidak dapat bekerja optimal. Tumbuhan semanggi adalah tumbuhan non-hiperkumulator, potensi untuk menyerap polutan terbatas [13].

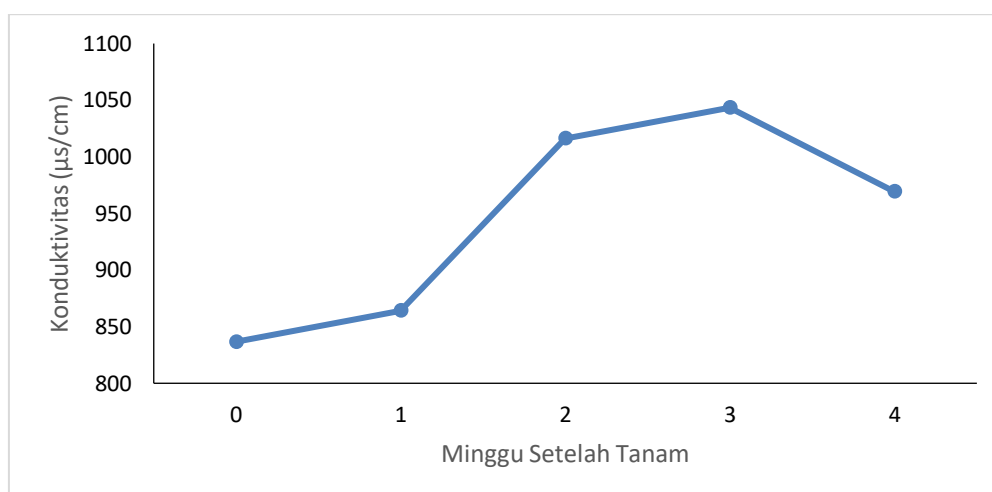
Zat pencemar seperti Cd (Kadmium), Pb (Timbal) yang ada di air limbah tinja tidak dapat diserap dengan baik oleh tumbuhan semanggi, pernyataan tersebut dapat didukung oleh [12]. tumbuhan semanggi mengalami perlambatan tumbuhan dikarenakan semakin tingginya konsentrasi Pb (Timbal) yang diserap oleh tanaman. Hal ini ditunjukkan oleh terjadinya warna daun yang menguning dan beberapa daun berguguran pada tumbuhan semanggi pada saat proses fitoremediasi berlangsung, menurut [14] tumbuhan semanggi mengakumulasi logam berat kadmium dan timbal pada jaringan daunnya. Gejala stress pada tumbuhan dapat dilihat seperti daun mengalami kematian atau kerusakan yang parah, dan penurunan biomassa segar [13]. Proses penyerapan Pb (Timbal) oleh tanaman melibatkan beberapa langkah, yang pertama ion timbal dalam air di ambil oleh akar tanaman melalui proses yang disebut pertukaran ion kemudian begitu berada di dalam tanaman, ion timbal dapat mengikat berbagai protein dan enzim, mengganggu fungsinya dan mengganggu proses metabolisme tanaman, hal ini dapat menyebabkan berkurangnya fotosintesis, serta efek

negatif lainnya pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman [15] termasuk jaringan daun pada tumbuhan yang menguning.

Tingginya nilai parameter TDS di setiap minggunya disebabkan oleh tumbuhan mengalami kejenuhan, kapasitas serap yang dilakukan oleh akar tumbuhan mencapai batas kapasitas sehingga tumbuhan mengeluarkan zat pencemar lagi ke air sehingga parameter TDS meningkat. Menurut [16] penggunaan tumbuhan air dalam fitoremediasi dapat menyebabkan kenaikan TDS dan EC dalam jangka waktu Panjang jika terlalu lama atau terpapar dengan zat pencemar yang sangat tinggi. Hal ini terjadi karena tumbuhan air menyerap air dan zat zat terlarut di lingkungan sekitarnya selama fotosintesis.

## 2. Electrical Conductivity

Hasil analisis parameter konduktivitas menggunakan uji statistik Anova terdapat sebesar 0,001901 menunjukkan data terdapat perbedaan yang signifikan setiap minggunya. Hal ini dikarenakan dalam uji statistika Anova hasil yang adalah  $< 0,05$ .



**Gambar 2.** Nilai rata-rata konsentrasi konduktivitas setiap minggunya

Gambar 2 menunjukkan nilai konduktivitas tertinggi terdapat pada minggu ke 3, hal ini dikarenakan dalam proses fitoremediasi mengalami kejenuhan, suatu penelitian menemukan bahwa konduktivitas listrik tanah atau air merupakan indikator tingkat kejenuhan dari proses fitoremediasi [15]. Meningkatnya konduktivitas disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  pada air [17]. Hal ini diduga karena efek rhizodeposisi, berdasarkan hasil penelusuran, rhizodeposisi dapat mempengaruhi konduktivitas listrik (EC) dalam fitoremediasi Rhizodeposisi adalah proses dimana tanaman melepaskan senyawa organik dan anorganik dari akarnya ke dalam tanah atau air, yang merangsang pertumbuhan mikroba rizosfer, wilayah yang langsung mengelilingi akar tanaman [18] senyawa organik dalam eksudat akar dapat merangsang pertumbuhan mikroba di rhizosfer, yang dapat mempengaruhi kondisi kimia di dalam tanah atau air [19]. Satu penelitian menemukan bahwa tanaman dapat memperkuat konduktivitas listrik dan arus di lingkungan tanah atau air, dan elektroda pertukaran berkala membantu meningkatkan fitoremediasi yang terkontaminasi timbal [20].

Pemaparan tanaman yang terlalu lama terhadap konsentrasi garam yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan konduktivitas listrik (EC), ketika tanaman menumpuk garam di jaringannya, mereka terpapar pada konsentrasi garam yang tinggi, proses ini dapat terjadi melalui penyerapan akar, transportasi melalui xilem dan akumulasi di berbagai bagian

tanaman seperti daun dan batang [21]. Akumulasi garam dalam jaringan tanaman dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi ion garam dalam tanaman, ketika tanaman melepaskan air melalui transpirasi, garam-garam dapat larut dalam air dan meningkatkan konduktivitas air limbah [22]. Tetapi pada minggu selanjutnya nilai rata-rata konduktivitas yang ditunjukkan pada gambar 2 semakin meningkat pada semua perlakuan jenis tumbuhan, hal ini menunjukkan pada penelitian ini tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) tidak efisien dalam mengatasi konsentrasi konduktivitas bahkan semakin meningkatkan nilai konduktivitas pada air limbah tinja. Efek paparan racun yang berlebihan dari limbah tinja seperti logam berat berpengaruh terhadap perkembangan tanaman dan siklus fisiologis termasuk membatasi pertumbuhan tanaman, mengganggu penyerapan nutrisi, menghambat fotosintesis dan menyesuaikan aktivitas enzimatik [23] pada penelitian ini tumbuhan mengalami kekuningan pada daun, hal ini dapat menyebabkan berkurangnya fotosintesis [15]

### 3. TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan hasil pengamatan proses fitoremediasi selama 5 minggu terdapat nilai rata-rata parameter TSS pada Dampak perlakuan kombinasi tumbuhan semanggi dan pakis lidah kolam yang dapat terlihat pada gambar 3. Hasil uji statistika Anova pada setiap waktunya terdapat nilai sebesar  $2.71E^{-22}$  menunjukkan data tersebut terdapat perbedaan yang signifikan setiap minggunya. Hal ini dikarenakan dalam uji statistika Anova hasil yang adalah  $< 0,05$ .



**Gambar 3.** Nilai rata-rata parameter TSS setiap minggunya

Nilai konsentrasi tinggi terdapat pada minggu 0, hal ini dikarenakan pada minggu 0 belum diberi perlakuan tumbuhan sehingga konsentrasi TSS masih tinggi. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serat jasad-jasad renik yang terdiri dari kikisan tanah dan erosi tanah [24]. Sedimen yang tersuspensi dapat menyebabkan kekeruhan perairan sehingga menghalangi masuknya cahaya matahari kedalam perairan yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis [25].

Kemudian pada minggu ke 1 ke 2 dan ke 3 konsentrasi TSS menurun hal ini dapat diartikan dalam waktu minggu ke 2 tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) mampu menghilangkan partikel padatan terlarut yang terdapat pada air limbah tinja melalui adsorpsi, flokulasi, dan sedimentasi [26]. Pengurangan nilai TSS dalam proses rhizosfer, yaitu lingkungan yang mengelilingi akar tumbuhan yang terdiri dari mikroorganisme dan bahan organik, mikro organik dalam rhizosfer berperan dalam menguraikan partikel-partikel terlarut yang terdapat dalam air limbah [27]. Beberapa

penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan air dapat mengurangi TSS melalui sistem akarnya. Sistem akar tanaman air dapat menjebak dan menarik partikel, seperti TSS dalam suatu media, yang dapat menyebabkan penurunan konsentrasi TSS [28]. Oleh karena itu, ada kemungkinan tanaman Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) dan semanggi air (*Marsilea crenata*) juga mengurangi TSS melalui mekanisme serupa pada sistem akarnya.

Pada minggu ke 4 nilai TSS sedikit meningkat, hal ini diduga disebabkan oleh penambahan organik yang berasal dari akar tanaman yang membusuk dan daun yang membusuk yang terendam air limbah [29] hal ini diduga tanaman mengalami kejenuhan sehingga menyebabkan jaringan tanaman membusuk. Gejala stress pada tumbuhan dapat dilihat seperti daun mengalami kematian atau kerusakan yang parah, dan penurunan biomassa segar [13].

### **Kesimpulan**

Kombinasi tumbuhan semanggi dan pakis lidah kolam dalam proses fitoremediasi berdampak meningkatkan TDS, Konduktivitas, dan TSS, kedua tumbuhan kurang efisien dalam mengendalikan kualitas air limbah tinja dikarenakan zat pencemar yang terdapat pada air limbah tinja terlalu toksik untuk diakumulasi oleh kedua tumbuhan sehingga tumbuhan semanggi dan pakis lidah kolam tidak dapat bekerja optimal.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada IPLT Supit Urang Kota Malang serta Laboratorium Terpadu dan Halal Center (THC) Universitas Islam Malang.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Wati, S. M. (2021). *Optimalisasi layanan lumpur tinja terjadwal (LLTT) IPLT Supit Urang Kota Malang* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- [2] Sharma, S., & Vasudevan, P. (2020). Salt Tolerance Mechanism in Plant for Phytoremediation of Heavy Metals: A Review. *Journal Environmental Technology & Innovation*, 20, 101079.
- [3] Antoniadis, V., Levizou, E., Shaheen, S. M., Ok, Y. S., Sebastian, A., Baum, C., Prasad, M. N. V., Wenzel, W. W., & Rinklebe, J. (2017). Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation—A review. *Earth-Science Reviews*, 171(June), 621–645. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.005>
- [4] Musapana, S., Dewi, E. R. S., & Rahayu, R. C. 2020. Efektivitas Semanggi air (*Marsilea crenata*) Terhadap Kadar TSS Pada Fitoremediasi Limbah Cair Tahu. *Florea: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 7(2), 92-97.
- [5] Lan, X. Y., Yan, Y. Y., Yang, B., Li, X. Y., & Xu, F. L. 2019. Subcellular distribution of cadmium in a novel potential aquatic hyperaccumulator—*Microsorium pteropus*. *Environmental pollution*, 248, 1020-1027.

- [6] Riyanto, A. (2023). Fitoremediasi Kayu Apu, Eceng Gondok, dan Bambu Air untuk Menurunkan Kadar BOD Air Limbah Pabrik Tahu. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 12(02), 162-170.
- [7] Picauly, M. (2021). *FITOREMEDIASI DENGAN CONSTRUCTED WETLAND MENGGUNAKAN Eichhornia crassipes (Mart) Solms, Pistia stratiotes L. DAN Equisetum hyemale L., UNTUK MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK PERUMAHAN BTN SERTA PENGARUHNYA PADA PERTUMBUHAN CAISIM (Brassica juncea L.)* (Doctoral dissertation, Universitas Timor).
- [8] Siswandari, A. M. (2016). *Fitoremediasi Phospat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (Echinodorus paleaefolius) dan Bambu Air (Equisetum hyemale) sebagai Sumber Belajar Biologi* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- [9] Rulitasari, D., & Rachmadiarti, F. (2020). Semanggi Air (*Marsilea crenata*) Sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(2), 99-104.
- [10] Lee, C. H., Kim, D. k., & Park, J.S. (2018). Evaluation of dissolved oxygen production and nutrisi removal of *Scirpus validus* on an artificial wetland. *Journal of Environmental Management*, 222, 120-126.
- [11] Putri, R. A., Hidayat, N., & Sugiharto, R. 2018. The ability of *Marsilea crenata* in reducing nitrate and phosphate concentration in domestic wastewater. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 195(1), 012041.
- [12] Rachmadiarti, F., & Trimulyono, G. (2019). Phytoremediation capability of water clover (*Marsilea crenata* (L). Presl.) in synthetic Pb solution. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(4), 9609-9619
- [13] Umar, M., Abdullahi, U. S., & Faruq, U. Z. 2019. Assessment of water quality parameter and their health implication in selected boreholes in Yola, Adamawa State, Nigeria. *Journal of environmental health science & engineering*, 17(2), 515-524
- [14] Ma'arif, B., Muti'ah, R., Suryadinata, A., Nashichuddin, A., & Karawid, G. E. 2020. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Hg, dan Pb Daun Semanggi (*Marsilea crenata* Presl.) di Desa Semen, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri. *Journal of Islamic Pharmacy*, 5(2), 53-56.
- [15] Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, 12(1), 35-40.
- [16] Srivastava, S., Thakur, S., & Singh, A. 2017. Phytoremediation potential of aquatic macrophytes for removal of heavy metals from industrial effluent: A riview. *Journal of environmental Management*, 193, 196-208.



- [17] Zhu, H., Zhang, Q., Zhang, Y., & Guo, X. 2019. Effect of pH on nitrate removal and microbial communities in constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 136, 1-8.
- [18] Mulati, H., Mamat, A., Aili Jiang, N., Jiang, L., Li, N., Hu, Y., & Su, Y. (2023). Electrokinetic-Assisted Phytoremediation of Pb-Contaminated Soil: Influences of Periodic Polarity Reversal Direct Current Field. *Sustainability*, 15(11), 8439.
- [19] Yuan, L., Guo, P., Guo, S., Wang, J., & Huang, Y. (2021). Influence of electrical fields enhanced phytoremediation of multi-metal contaminated soil on soil parameters and plants uptake in different soil sections. *Environmental Research*, 198, 111290.
- [20] Salimi, M., Amin, M. M., Ebrahimi, A., Ghazifard, A., & Najafi, P. (2012). Influence of electrical conductivity on the phytoremediation of contaminated soils to Cd<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup>. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 1(1), 11.
- [21] Castiglione, S., Oliva, G., Vigliotta, G., Novello, G., Gamalero, E., Lingua, G., ... & Guarino, F. (2021). Effects of compost amendment on glycophyte and halophyte crops grown on saline soils: Isolation and characterization of rhizobacteria with plant growth promoting features and high salt resistance. *Applied Sciences*, 11(5), 2125.
- [22] Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. J., & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1), 18.
- [23] Ghasemi, M., Guo, B., Darabi, K., Wang, T., Wang, K., Huang, C. W., ... & Amassian, A. (2023). A multiscale ion diffusion framework sheds light on the diffusion–stability–hysteresis nexus in metal halide perovskites. *Nature Materials*, 22(3), 329-337.
- [24] Purnamawati, K. Y., Suyasa, I. B., & Mahardika, I. G. (2015). Penurunan Kadar Rhodamin B Dalam Air Limbah Dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. *Ecotrophic*, 9(2), 46-51.
- [25] Latuconsina, H., & Prasetyo, H. D. (2022). Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Sungai Patrean Kabupaten Sumenep. *AQUACOASTMARINE: Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*, 1(2), 76-84.
- [26] Dixit, R., Wasiullah, X., Malaviya, D., Pandiyan, K., Singh, U. B., Sahu, A., ... & Paul, D. (2015). Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: an overview of principles and criteria of fundamental processes. *Sustainability*, 7(2), 2189-2212.

- [27] Hussain, A., Hussain, M., dan Hussain, F. (2019) Phytoremediation of water Pollution: A Review of Research. *Journal of Chemical Society of Pakistan*, 41(5), 892-902.
- [28] Mohd Nizam, N. U., Mohd Hanafiah, M., Mohd Noor, I., & Abd Karim, H. I. (2020). Efficiency of five selected aquatic plants in phytoremediation of aquaculture wastewater. *Applied Sciences*, 10(8), 2712.
- [29] Ilmannafian, A. G., Darmawan, M. I., & Kiptiah, M. (2022). Pengaruh Fitoremediasi dengan Kombinasi Tanaman pada Kadar BOD dan COD Limbah Sasirangan. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 9(1).
- [30] Al- Isawi, S.A., Al- Ansari, N.A., Ewaid, S.H., & Knutsson, S (2015). Efficiency of constructed wetland for the treatment of industrial wastewater. *Journal of Water Resource and Protection*, 7(12), 979-989.doi: 10.4236/jwarp.2015.712080.
- [31] Al Kholif, M., Istaharoh, I., Sutrisno, J., & Widyastuti, S. (2021). Penerapan Teknologi Fitoremediasi untuk Menghilangkan Kadar COD dan TSS pada Air
- [32] Dhote, P., Mishra, S., & Mishra, V. (2017). Heavy Metal Accumulation and Tolerance of Ferns in Relation to Phytoremediation. In *Phytoremediation* (pp. 31-50). Springer, Chan. Doi: 10.1007/978-3-319-72371-6-2.
- [34] Fatimah, A., Lestari, W. P., & Setyorini, D. (2018). Kejenuhan dalam Fitoremediasi. *Jurnal Pendidikan Ilmiah*. Vol 10. No.3.
- [34] Hadatu, T. (2020). Alternatif Revitalisasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Supit Urang Kota Malang. *Jurnal Purifikasi*, 20(1), 40-53.