

JPB 10(2) (2023)

Jurnal Pembelajaran Biologi: Kajian Biologi dan Pembelajarannya

<https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/fpb>


Perbandingan Kemampuan Tanaman Semanggi Air (*Marsilea crenata*) dan Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*) dalam Menurunkan Parameter Fisik Air Limbah Tinja Supit Urang

Diyah Warda Zakia*, Hamdani Dwi Prasetyo, Husain Latuconsina

Progam Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Malang, Indonesia.

Article History:

Received: 25.10.2023

Accepted: 23.11.2023

Published: 30.11.2023

Keyword:

Phytoremediation, Fecal Sludge Treatment, Java ferns (*Microsorium pteropus*), Water clover (*Marsilea crenata*)

Abstract Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) is a domestic wastewater treatment system. The treatment process at IPLT Supit Urang uses phytoremediation. The use of water clover (*Marsilea crenata*) and Java fern (*Microsorium pteropus*) has never been used as a phytoremediator for fecal waste water in Supit Urang IPLT. This study aims to compare the ability of the phytoremediators of Water clover (*Marsilea crenata*) and Java fern (*Microsorium pteropus*) to control particles in a more efficient waste treatment process in the Supit Urang IPLT. Experimental method by observing 4 times within 4 weeks, the parameters tested were temperature, TDS, EC, and TSS. Uij Tukey statistical analysis to compare the ability of each treatment to control wastewater particles. The results showed that there were differences in the parameter values for each treatment. Where the water clover plant (*Marsilea crenata*) and Java fern (*Microsorium pteropus*) have a relatively indistinguishable ability to reduce environmental parameter values observed in wastewater, with the most effective time being 7-14 days.

Corresponding Author:

Author Name*: Diyah Warda Zakia

Email*: dyahwardah04@gmail.com

No. Hp Wa : 082331703201

ISSN: 2355-7192

E-ISSN: 2613-9936

Pendahuluan

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan sistem pengolahan air limbah domestik, sistem 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 (Wati, 2021). 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 (Sukono *et al.*, 2020). 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 (Antoniadis *et al.* 2017). Beberapa tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi antara lain kangkung air (*Ipoemea aquatica*) dan *Azola* sp. (Aditya dkk. 2023), semanggi air (*Marsilea crenata*) (Musapana dkk 2020). Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) (Lan *et al.*, 2019), Tanaman Tasbih (Munawaroh dkk, 2023). Eceng gondok, Kayu apu, Bambu air (Riyanto, 2023). *Pistia stratiotes* (Picaully, 2021). Tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*) (Siswandari,

2016), atau beberapa kombinasi beberapa tanaman tersebut, seperti kombinasi kangkung air (*Ipomea aquatica*) dan Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) (Ramadiyanti dkk, 2023), maupun kombinasi tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) (Zakia dkk, 2023).

Tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) mampu menyerap detergen yang terdapat pada penelitian Rulitasari & Rahmadiarti (2020) 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 (Musapana *et al.*, 2020) 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 (Lan *et al.*, 2019) tumbuhan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) mampu mentolerir 500 mM Cd (Kadmium) dalam larutan tanpa mempengaruhi pertumbuhan pakis lidah kolam 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 hasil survey awal, selama ini fitoremediator yang digunakan di kolam wetland IPLT Supit Urang adalah Tanaman tasbih (*Canna indica*). Permasalahan yang dihadapi oleh IPLT Supit Urang secara umum bermasalah pada aspek waktu pengolahan lumpur tinja, dan belum pernah memanfaatkan tumbuhan lain termasuk Semanggi air (*Marsilea crenata*) dan Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*), sehingga penelitian ini bertujuan untuk menguji 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.

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.

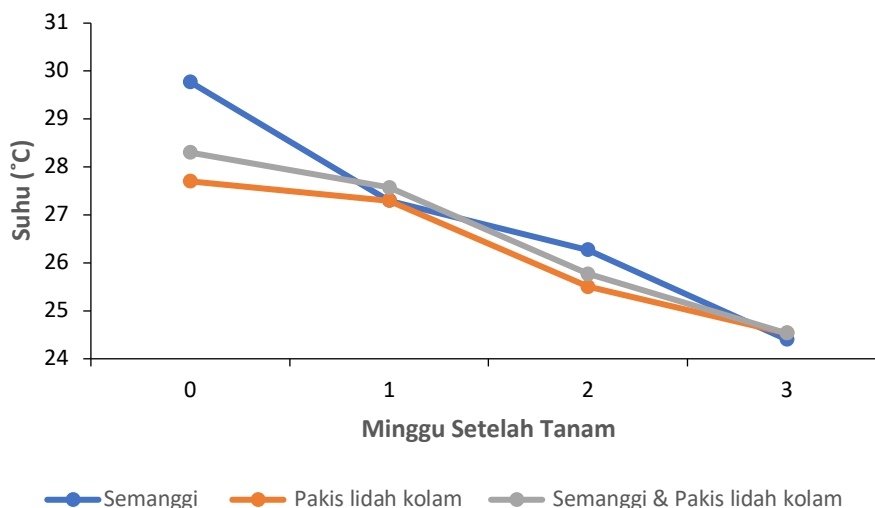
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ember/bak, botol bekas, alat tulis tangan dan kamera, gunting, plastik, termometer, urbidimeter, TDS meter, EC meter, TSS AMTAST TB200. sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian antara lain Air Limbah Tinja kolam fakultatif 3 IPLT Supit Urang, tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*), tumbuhan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) dan aquades.

Penelitian menggunakan metode eksperimen yaitu perlakuan air limbah tinja IPLT Supit Urang yang diberi tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) sebagai fitoremediator. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), menggunakan 3 perlakuan dengan 3 kali pengulangan yaitu: 1. air limbah tinja dengan tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) 2. air limbah tinja dengan tumbuhan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) 3. Kombinasi kedua tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*). Pengamatan sebanyak empat kali, yaitu minggu 0, minggu 1, minggu 2, dan minggu 3. Masing-masing pengamatan diamati parameter Suhu, TDS (*Total Dissolved Solid*), EC (*Electrical Conductivity*), dan TSS (*Total Suspended Solid*), pengamatan seminggu sekali pada jam 10.00 WIB.

Untuk membandingkan efektivitas perlakuan 2 jenis tumbuhan dan kombinasi keduanya dalam menurunkan bahan cemar dari limbah tinja maka digunakan Uji statistik yaitu Uji Anova, sebelum dilakukan Uji Anova perlu dilakukan Uji Normalitas, jika memenuhi maka dilanjutkan dengan Uji Anova. Analisis data dengan menggunakan aplikasi PAST (*Paleontological statistics*). Jika hasil 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 variabel yang diamati. Data yang nyata dilanjutkan dengan Uji beda nyata (*Tukey*).

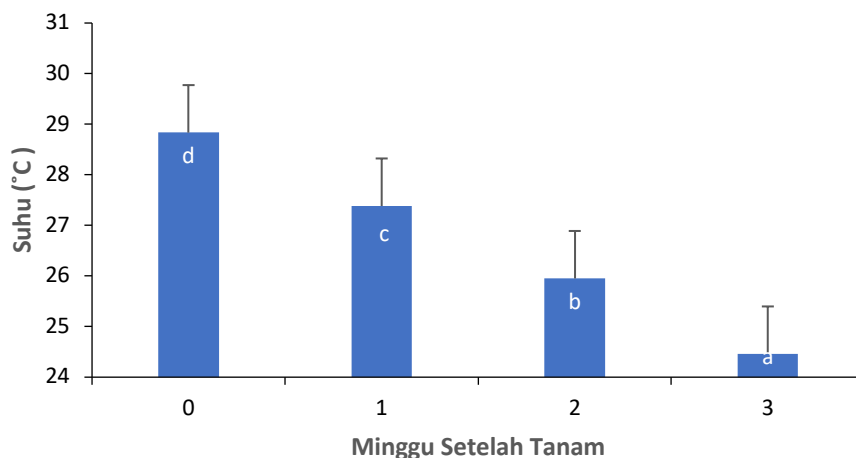
Hasil

Hasil penelitian untuk menguji kemampuan tubuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) dalam mengontrol parameter fisik air meliputi Suhu, TDS (*Total Dissolved Solid*), EC (*Electrical Conductivity*), dan TSS (*Total Susended Solids*), sebagaimana yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 1.



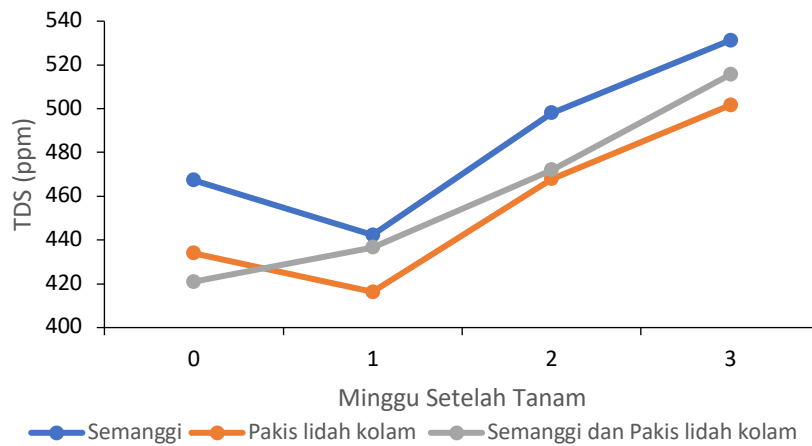
Gambar 1. Grafik nilai Rata-rata Parameter Suhu dari masing-masing perlakuan tanaman selama minggu pengamatan

Gambar 1 memperlihatkan nilai suhu air selama proses fitoremediasi. Uji Anova menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada setiap perlakuannya. Nilai rata-rata tertinggi terdapat pada hari ke 0. Nilai rata-rata terendah pada parameter suhu adalah pada minggu ke 3 perlakuan tumbuhan semanggi yaitu berkisar 24 °C.



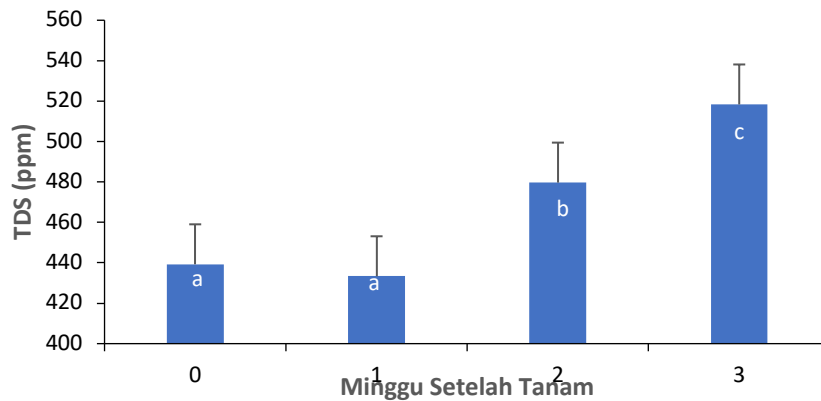
Gambar 2. Grafik batang perbandingan nilai rata-rata parameter suhu

Setelah dilakukan uji anova seperti yang tertera pada Gambar 1 hasil menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) pada perlakuan waktu di parameter Suhu. Dikarenakan terdapat cuaca yang berbeda pada setiap minggunya Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Samosa (2021) hasil penelitiannya menunjukkan bahwa suhu air di danau sangat dipengaruhi oleh sinar matahari, terutama di musim panas dan awal musim gugur. Radiasi matahari yang tinggi di siang hari menghasilkan peningkatan suhu air, sementara radiasi matahari yang rendah pada pagi dan sore hari mengakibatkan pendinginan Kemudian dilakukan uji lanjutan yaitu uji tukey (uji beda nyata) yang menunjukkan hasil grafik notasi, terdapat pada Gambar 2.



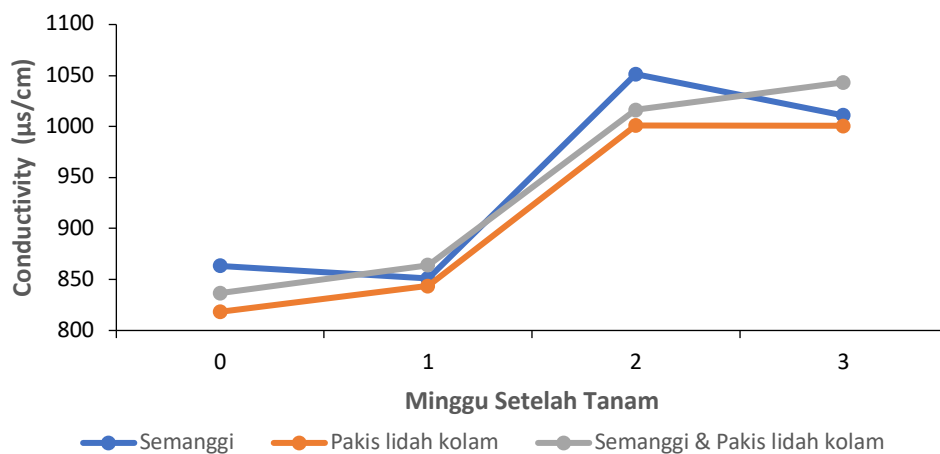
Gambar 3. Grafik kondisi nilai rata-rata parameter TDS dari masing-masing perlakuan tanaman

Hasil pengukuran perminggu selama 21 hari pada perlakuan waktu dan perlakuan tumbuhan dapat dilihat pada Gambar 3. Tumbuhan semanggi dan pakis lidah kolam sama-sama mampu menurunkan konsentrasi TDS dalam waktu 1 minggu hal ini ditunjukkan pada Hasil uji statistik Anova pada perlakuan tumbuhan menunjukkan hasil tidak berbeda nyata.



Gambar 4. Nilai perbandingan parameter TDS

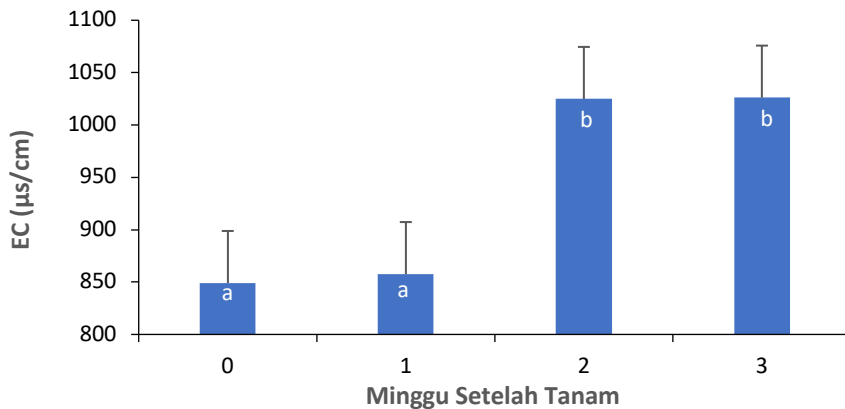
Setelah Dilakukan uji anova seperti yang tertera pada Gambar 3 yang hasil menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) pada perlakuan waktu di parameter TDS. Kemudian dilakukan uji lanjutan yaitu uji tukey (uji beda nyata) yang menunjukkan hasil grafik notasi, terdapat pada Gambar 4.



Gambar 5. Grafik kondisi nilai rata-rata konduktivitas dari masing-masing perlakuan tanaman

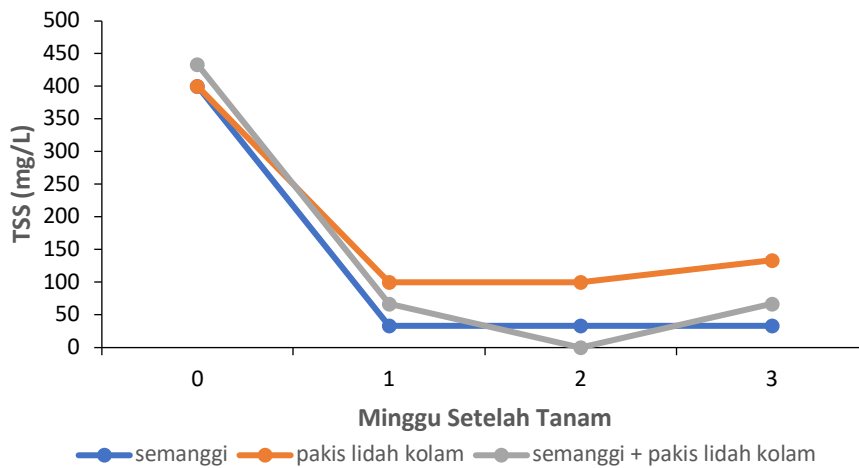
Terdapat hasil pengukuran perminggu selama 21 hari pada parameter Konduktivitas. Nilai rata-rata perlakuan waktu dan perlakuan jenis tumbuhan terdapat pada Gambar 5. Hasil uji statistik Anova pada perlakuan jenis tumbuhan menunjukkan hasil tidak terdapat perbedaan yang nyata

($p < 0,05$), artinya bahwa kedua tumbuhan memiliki kemampuan yang hampir sama dalam meningkatkan konduktivitas air limbah tinja.



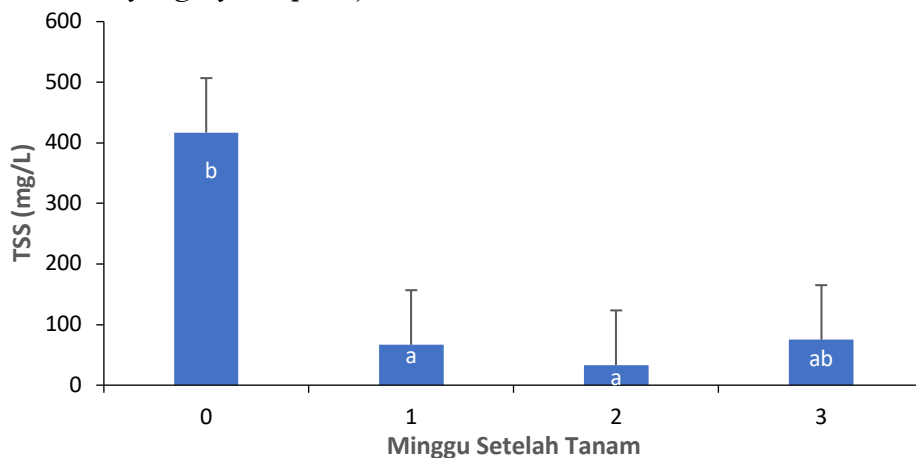
Gambar 6. Nilai Perbandingan Konduktivitas antar Minggu Pengamatan

Sedangkan perlakuan waktu dalam uji statistika Anova menunjukkan hasil terdapat perbedaan yang nyata ($p > 0,05$ tiap minggu pada parameter konduktivitas yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Grafik kondisi nilai Rata-rata Parameter TSS dari masing-masing perlakuan tanaman

Nilai rata-rata parameter TSS pada perlakuan jenis tumbuhan dan perlakuan waktu yang dapat terdapat pada Gambar 7 memiliki hasil uji Anova pada perlakuan jenis tumbuhan tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).



Gambar 8. Nilai Perbandingan Parameter TSS antar Minggu Pengamatan

Berdasarkan Gambar 8 Hasil uji tukey perlakuan waktu parameter TSS minggu 0 terdapat perbedaan yang nyata dengan minggu 1, 2, dan 3.

Pembahasan

1. Suhu

Berdasarkan Gambar 1, grafik pengukuran selama proses fitoremediasi pada parameter suhu Nilai rata-rata tertinggi terdapat pada hari ke 0 pada hal ini menunjukkan sebelum dilakukan perlakuan fitoremediasi terdapat suhu yang tinggi pada sampel, hal ini dikarenakan hari pertama pengambilan sampel dari kolam di IPLT supit urang yang terpapar langsung oleh sinar matahari. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Salmosa (2021) hasil penelitiannya menunjukkan bahwa suhu air di danau sangat di pengaruhi oleh sinar matahari, terutama di musim panas dan awal musim gugur. Radiasi matahari yang tinggi di siang hari menghasilkan peningkatan suhu air, sementara radiasi matahari yang rendah pada pagi dan sore hari mengakibatkan pendinginan. Nilai rata-rata terendah pada parameter suhu adalah pada minggu ke 3 perlakuan tumbuhan semanggi yaitu berkisar 24 °C. Pada nilai yang di dapatkan hasil parameter suhu adalah nilai rata-rata yang normal untuk proses fitoremediasi. Hal ini didukung oleh Abioye (2017) yang menyatakan suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman fitoremediasi biasanya berkisar antara 20 – 30 °C.

Pada perlakuan waktu awal di hari ke 0 sampai hari ke 21 nilai suhu mengalami penurunan. Pada hal ini tumbuhan semanggi dan pakis lidah kolam berhasil menurunkan parameter Suhu dikarenakan pada bak perlakuan tumbuhan menutupi permukaan air, sehingga air didalam tidak terpapar langsung oleh sinar matahari. Namun pada tinggi rendahnya nilai parameter suhu yaitu 24- 28 °C masih memiliki nilai yang optimal untuk proses fitoremediasi. Hussain *et al.* (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa optimasi suhu dalam proses fitoremediasi berkisaran 20-30 °C.

2. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Berdasarkan hasil penelitian proses fitoremediasi nilai rata-rata tertinggi parameter TDS terdapat pada minggu ke 3 perlakuan Semanggi (*Marsilea crenata*). Pada hal ini diduga tumbuhan semanggi memiliki kemampuan yang terbatas dalam fitoremediasi air limbah kontaminasi, dan dapat dilihat pada Gambar 1 nilai rata-rata konsentrasi TDS pada perlakuan semanggi dari perlakuan waktu sudah memiliki nilai yang paling tinggi di antara perlakuan jenis tumbuhan lainnya, kemungkinan tumbuhan semanggi kurang efektif dalam mengatasi jenis polutan tertentu (Putri *et al.*, 2018) tanaman semanggi memiliki kutikula yang tipis dan akar yang tipis (Rachmadiarti & Trimulyono, 2019) sehingga dapat membatasi pembatasan penyerapan dan kemampuan tanaman untuk mengatasi polutan. termasuk air limbah tinja, zat pencemar air limbah tinja terlalu toksik untuk tumbuhan semanggi, sehingga tumbuhan tidak dapat bekerja optimal, tumbuhan semanggi adalah tumbuhan non-hipekumulator potensi untuk menyerap polutan terbatas (Usman *et al.* 2019)

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 (Rachmadiarti & Trimulyono, 2019) 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 Ma'arif *et al.* (2020) 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 (Usman *et al.*, 2019). 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 (Hidayati, 2005) termasuk jaringan daun pada tumbuhan yang menguning.

Tingginya nilai parameter TDS pada minggu ke 3 seperti yang terdapat pada Gambar 4 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 Srivastava (2017) 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 terlarut di lingkungan sekitarnya selama fotosintesis.

Gambar 3 menunjukkan nilai rata-rata terendah parameter TDS terdapat pada minggu 1 P2 perlakuan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*), hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan tumbuhan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) mampu menurunkan kadar padatan terlarut pada air limbah tinja, penelitian Lan (2020) menemukan bahwa *Microsorium pteropus* memiliki jaringan akar yang kuat dan mampu menyerap paparan Cd, akarnya memiliki resistensi Cd terbesar

diantara jaringan tumbuhan lainnya. Sebuah studi Milik *et al.* (2017) yang mengeksplorasi berbagai logam berat dalam lumpur instalasi pengolahan air limbah di Gniewino Polandia, melaporkan konsentrasi Cd (Kadmium) yang tinggi. Dalam studi Usman *et al.* (2022) juga menyatakan bahwa *Microsorium pteropus* mampu menyerap Cd (Kadmium) dalam jumlah yang tinggi hingga 4.000 mg/kg melalui jaringan akar dan daunnya. Al Isawi (2015) menyatakan bahwa pengurangan TDS dalam air limbah adalah tanda keberhasilan dari proses fitoremediasi. Pada minggu 1 atau hari ke 7 pada semua perlakuan mengalami penurunan yang nyata pada parameter TDS, hal ini dapat diartikan pada minggu 1 adalah waktu yang paling efektif dalam menghilangkan padatan terlarut sehingga nilai konsentrasi TDS pada minggu 1 atau hari ke 7 berhasil menurun.

3. EC (*Electrical conductivity*)

Terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan waktu, Gambar 5 menunjukkan nilai konduktivitas tertinggi terdapat pada minggu ke 2 perlakuan Semanggi (*Marsilea crenata*). Pada minggu ke 2 nilai parameter EC meningkat, hal ini dikarenakan pada minggu ke 2 dalam proses fitoremediasi mengalami kejenuhan, suatu penelitian menemukan bahwa konduktivitas listrik tanah atau air merupakan indikator tingkat kejenuhan dari proses fitoremediasi (Hidayati, 2005). Meningkatnya konduktivitas disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion Na^+ dan Cl^- pada air. 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 (Mulati *et al.*, 2023) senyawa organik dalam eksudat akar dapat merangsang pertumbuhan mikroba di rhizosfer, yang dapat mempengaruhi kondisi kimia di dalam tanah atau air (Yuan *et al.*, 2021). 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 (Salimi *et al.*, 2012).

Nilai rata-rata terendah konduktivitas terdapat pada minggu 1 perlakuan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*). Hal ini menunjukkan bahwa pada minggu ke 1 tumbuhan pakis lidah kolam mampu menurunkan konsentrasi konduktivitas. Dikarenakan pada awal perlakuan air limbah tidak terdapat paparan ion tinggi yang disebabkan oleh tanaman. Berdasarkan hasil penelitian pakis lidah kolam lebih mampu menurunkan nilai parameter EC, dan perlakuan waktu minggu 1 juga lebih mampu menurunkan nilai konduktivitas. Berdasarkan hasil penelusuran, 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 (Castiglione *et al.*, 2021).

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 (Acosta-Motos *et al.*, 2017). 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.

4. TSS (*Total Suspended Solid*)

Hasil uji statistik Anova perlakuan jenis tumbuhan pada parameter TSS terdapat hasil tidak terdapat perbedaan yang nyata yang artinya dalam penelitian ini kedua jenis tumbuhan semanggi dan pakis lidah kolam sama-sama mampu menurunkan nilai konsentrasi TSS. Sedangkan pada perlakuan waktu menunjukkan hasil perbedaan yang nyata, dari Gambar 7 dapat dilihat minggu ke 0 terdapat nilai yang tinggi dan berbeda nyata dengan minggu ke 1, 2, dan ke 3. Hal ini dikarenakan dalam uji statistika Anova nilai nyata adalah $< 0,05$ sedangkan nilai yang tidak nyata adalah $> 0,05$. Hasil uji tukey perlakuan waktu parameter TSS minggu 0 terdapat beda nyata dengan minggu 1, 2, dan 3.

Nilai konsentrasi tinggi terdapat pada minggu 0, hal ini dikarenakan pada minggu 0 belum diberi perlakuan jenis tumbuhan sehingga konsentrasi TSS masih tinggi. 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. 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 (Hussain *et al.*, 2019). 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 (Nizam *et al.*, 2020). 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.

Kesimpulan

Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata berdasarkan waktu pengamatan antara tumbuhan semanggi air (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) untuk parameter fisik yang meliputi Suhu, TDS, EC, dan TSS. Namun tidak berbeda nyata kemampuan kedua jenis tumbuhan tersebut, artinya tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) mempunyai kemampuan yang relatif sama dalam mengendalikan parameter fisik TDS, EC, dan TSS. Kemampuan tumbuhan semanggi (*Marsilea crenata*) dan pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) efektif dalam menurunkan TSS dengan waktu efektif adalah minggu ke 2 atau hari 14. Pakis lidah kolam (*Microsorium pteropus*) efektif menurunkan konsentrasi TDS dan konduktivitas dengan waktu efektif adalah satu minggu.

Referensi

- Abioye, A. M., Noorden, Z. A., & Ani, F. N. (2017). Synthesis and characterizations of electroless oil palm shell based-activated carbon/nickel oxide nanocomposite electrodes for supercapacitor applications. *Electrochimica Acta*, *225*, 493-502.
- 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.
- Aditya, L.A., Latuconsina, H., Prasetyo, H.D. 2023. Efektivitas Fitoremediasi Azolla sp. dan Ipoemea Aquatica Terhadap Penurunan Kadar Amonia pada Air Kolam Pemeliharaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Agribisnis Perikanan*, *16*(1): 160 – 164. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v16i1.160-164>
- Al-Isawi, R., Scholz, M., Wang, Y., & Sani, A. (2015). Clogging of vertical-flow constructed wetlands treating urban wastewater contaminated with a diesel spill. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*, 12779-12803.
- 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>
- 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.
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, *12*(1), 35-40.
- 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.
- 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.
- Lan, X. Y., He, Q. S., Yang, B., Yan, Y. Y., Li, X. Y., & Xu, F. L. (2020). Influence of Cd exposure on H⁺ and Cd²⁺ fluxes in the leaf, stem and root of a novel aquatic hyperaccumulator-*Microsorium pteropus*. *Chemosphere*, *249*, 126552.
- 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.
- Milik, J. K., Pasela, R., Lachowicz, M., & Chalamoński, M. (2017). The concentration of trace elements in sewage sludge from wastewater treatment plant in Gniewino. *Journal of Ecological Engineering*, *18*(5), 118-124.
- 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.

- 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.
- 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.
- Munawaroh, I., Prasetyo, H.M., Latuconsina, H. 2023. Potensi tanaman tasbih (*canna indica*) sebagai fitoremediator parameter fisik kualitasair di instalasi pengolahan limbah tinja (iplt) supit urang kota malang. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, Vol.16(2): 1 – 8. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v16i2.1-8>.
- Picauly, M. (2021). Fitoremediasi Dengan *Constructed Wetland* Menggunakan *Eichornia 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)
- 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.
- Ramadiyanti, N., Prasetyo, H.D., Latuconsina, H. 2023. Dinamika oksigen terlarut selama proses fitoremediasi kombinasitumbuhan kangkung air (*ipomoea aquatica*) dan pakis lidah kolam(*microsorium pteropus*) di instalasi pengolahan lumpur tinja. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)*. Vol.1(2): 50 – 55.
- 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.
- Rulitasari, D., & Rachmadiarti, F. (2020). Semanggi air (*marsilea crenata*) sebagai agen fitoremediasi las detergen. *Lenterabio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(2), 99-104.
- Salimi, M., Amin, M. M., Ebrahimi, A., Ghazifard, A., & Najafi, P. (2012). Influence of electrical conductivity on the phytoremediation of contaminated soils to Cd 2+ and Zn 2+. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 1(1), 11.
- Samosa, R. C., Altiev, A., Khafizova, Z., & Mukumov, A. (2021). Methodology for determining the costs of environmental protection measures in land management. *European Journal of Life Safety and Stability (2660-9630)*, 10, 39-45.
- 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).
- Srivastava, S., Thakur, S., & Singh, A. (2017). Phytoremediation potential of aquatic macrophytes for removal of heavy metals from industrial effluent: A review. *Journal of environmental Management*, 193, 196-208.
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, D. S., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme fitoremediasi. *Jurnal pengendalian pencemaran lingkungan. (JPPL)*, 2(02).
- Usman, M., Hao, S., Chen, H., Ren, S., Tsang, D. C., Sompong, O., ... & Zhang, S. (2019). Molecular and microbial insights towards understanding the anaerobic digestion of the wastewater from hydrothermal liquefaction of sewage sludge facilitated by granular activated carbon (GAC). *Environment international*, 133, 105257.
- Putri, M. S. A., Lou, C. H., Syai'in, M., Ou, S. H., & Wang, Y. C. (2018). Long-term river water quality trends and pollution source apportionment in Taiwan. *Water*, 10(10), 1394.
- Wati, S. M. (2021). *Optimalisasi layanan lumpur tinja terjadwal (LLTT) IPLT Supit Urang Kota Malang* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- 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.
- Zakia, D.W., Prasetyo, H.D., Latuconsina, H. 2023. Kombinasi tumbuhan semanggai (*Marsiela crenata*) dan Pakisl idah kolam (*Microsorium pteropus*) terhadap Air limbah tinja. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)*. Vol.1(2): 56 - 65