

Efektivitas dan Efisiensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dan Teratai (*Nymphaea alba*) sebagai Fitoremediator Kualitas Air

(Effectiveness and Efficiency of Limnocharis flava and Nymphaea alba as Water Quality Phytoremediators)

Vina Fitria Wulandari¹, Hamdani Dwi Prasetyo², Husain Latuconsina^{2,*}

¹²³Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang

*Email korespondensi: husain.latuconsina@unisma.ac.id

Abstract

The tofu industry usually does not have a good waste management system, therefore liquid tofu waste is dumped into rivers, which contain various pollutants resulting in smelly waters, high levels of turbidity and ecological damage. The aim of this research is to determine of yellow bur-head (*Limnocharis flava*) and white nenuphar (*Nymphaea alba*) as efficient and effective phytoremediation agents in reducing pollution levels of tofu industrial waste. The method used is an experimental method with a randomized block design parameters including: TDS, EC, temperature, TSS, DO, BOD, and pH. Sample testing was carried out at the UNISMA Integrated Laboratory and Halal center, and data analysis was carried out using the ANOVA test. The results of the research show that during the phytoremediation process plants of *Limnocharis flava* and *Nymphaea alba* are effective and efficient in removing pollutant levels as indicated by a decrease in the parameters of temperature, pH, DO, BOD, and TSS, with the highest percentage of efficiency values in BOD is 77%, DO 32%, TSS 22%, EC 16%, and temperature 4%. The water quality parameter values still comply with water quality standards so they are good for use according to their intended purpose.

Keywords: Tofu Waste, Phytoremediation, Water quality.

Abstrak

Industri tahu biasanya tidak memiliki sistem pengelolaan limbah yang baik, maka dari itu limbah cair tahu dibuang ke sungai, yang mengandung berbagai polutan mengakibatkan perairan menjadi bau, tingkat kekeruhan yang tinggi, dan kerusakan ekologi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dan teratai (*Nymphaea alba*) sebagai agen fitoremediator efisiensi dan efektif dalam menurunkan kadar pencemaran limbah industri tahu. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan rancangan acak kelompok (RAK) parameter meliputi : TDS, EC, suhu, TSS, DO, BOD, dan pH. Pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Halal center UNISMA, dan analisis data dengan uji ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama proses fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dan teratai (*Nymphaea alba*) efektif dan efisien dalam menyisihkan kadar pencemar yang ditandai dengan penurunan pada parameter suhu, pH, DO, BOD, dan TSS, dengan presentase nilai efisiensi tertinggi pada BOD sebesar 77%, DO 32%, TSS 22%, EC 16%, dan suhu 4%. Nilai parameter kualitas air masih sesuai standar baku mutu air sehingga baik untuk digunakan sesuai dengan peruntukannya.

Kata kunci: Limbah Tahu, Fitoremediasi, kualitas air.

I. Pendahuluan

Industri pengolahan tahu skala rumah tangga tersebar luas di kota-kota besar maupun di perdesaaan, dan umumnya tidak didukung dengan sistem pengelolaan

limbah yang baik, sehingga air limbah hasil olahan tahu langsung dibuang ke sungai. Bahan baku tahu merupakan kedelai dimana kandungan kedelai dapat menyebabkan zat organik dalam limbah tinggi. Menurut Sari (25) kedelai memiliki kandungan protein (34,9%), lemak (18,1%), karbohidrat (344,8%), dan nutrisi lainnya sehingga kandungan zat organik pada limbah olahan tahu menjadi tinggi.

Limbah tahu yang terbuang mengandung berbagai polutan yang dapat merusak ekosistem perairan jika tidak melalui pengolahan terlebih dahulu. Menurut Cahyani (5) Limbah cair tahu memiliki kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang tinggi, sehingga memiliki nilai BOD dan COD yang tinggi, masing-masing sebesar 5000–10000 mg/L dan 7000–10000 mg/L, sementara pH nya rendah, yaitu 4-5. Kandungan limbah cair tahu akan mengalami dekomposisi oleh bakteri, Menurut Simanjuntak (27) Kondisi ini akan menyebabkan sistem perairan menjadi lebih asam karena terbentuknya produk dekomposisi amonia, karbondioksida, gas metan, dan asam asetat, yang mengakibatkan perairan menjadi tidak estetik karena bau, tingkat kekeruhan yang meningkat, dan kerusakan ekologi ekologi. Dengan demikian perlu adanya pengelolaan limbah industri tahu, salah satu teknolgi sederhana yang ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen fitoremediator.

Fitoremediasi adalah salah satu teknik untuk mengatasi pencemaran lingkungan khususnya pada perairan melalui pengolahan limbah sebelum dibuang ke badan air dengan menggunakan tumbuhan yang memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar limbah, metode ini lebih efektif dalam mengatasi pencemaran dengan menggunakan tumbuhan hijau seperti pepohonan, tanaman pangan, dan tanaman berbunga (8). Beberapa tanaman yang sudah dikenal efektif sebagai agen fitoremediator seperti tanaman kangkung (*Ipomea aquatica* dan *Ipomea reptans.*) (1;19;2), tanaman tasbih (*Canna indica*) (15) Tanaman semanggi air (*Marsilea crenata*) dan Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*) (33) tumbuhan genjer (*Limnocharis flava*) dan teratai (*Nymphaea alba*) merupakan salah satu agen fitoremediator yang memiliki kemampuan dalam meminimalisir komponen tertentu dalam perairan. Zahra (32), melaporkan bahwa menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dapat menurunkan kadar fosfat ,COD, BOD, Nitrogen dalam limbah domestik. Sedangkan Khaer & Nursyafitri (9), melaporkan bahwa penggunaan tanaman teratai ternyata mampu menurunkan kadar BOD dan COD dalam limbah industri tahu. Namun demikian, belum ada penelitian untuk membandingkan efektifitas kedua jenis tanaman ini maupun kombinasi antara keduanya dalam menurunkan kadar limbah cair dari hasil pengolahan tahu.

Dengan demikian penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan, yang bertujuan untuk menguji efisiensi dan efektivitas tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dan teratai (*Nymphaea alba*) sebagai agen fitoremediator dalam menurunkan kadar pencemaran limbah industri tahu Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi bagi pihak produsen industri tahu sebagai alternatif pengolahan air limbah secara sederhana dan ramah lingkungan.

II. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah, tanaman genjer (*Limnocharis flava*), teratai (*Nymphaea alba*), dan kertas saring. Alat yang digunakan sebagai berikut: TDS meter, pH meter, DO meter, bak wadiah, gayung, botol, timbangan analitik, pinset, gelas ukur, corong kaca, cawan petri, oven, gelas beker, erlemeyer, alat tulis, dan camera.



Gambar 1. Penataan tanaman saat fitoremediasi

Penelitian ini merupakan eksperimen menggunakan metode RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan perlakuan P0 (kontrol), P1 (100 gram tanaman genjer), P2 (100 gram tanaman teratai), dan P3 (total 200 gram kombinasi kedua tanaman). Sampel air limbah tahu diambil dari sungai Jilu, Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang. Proses fitoremediasi dilakukan di Laboratorium Ekosistem dan pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Halal Center (THC) UNISMA. Dalam penelitian ini parameter yang diamati meliputi : biomassa tanaman, TDS (*Total Dissolved Solid*), EC (*Electrical Conductivity*), suhu, TSS (*Suspended Solids*), DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dan pH.

Perhitungan biomassa dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_n = W_t - W_o$$

Keterangan :

W_n : peningkatan berat total (gram)

W_t : biomassa awal pengujian (gram)

W_o : biomassa akhir pengujian (gram) (Wicaksana & Rachman, 2018).

Efisiensi pada masing – masing parameter kualitas air dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$eff(\%) = \frac{\text{nilai awal} - \text{nilai akhir}}{\text{nilai awal}} \times 100\%$$

Keterangan: Eff (%) = Efisiensi

Nilai awal = Nilai parameter sebelum perlakuan

Nilai akhir = Nilai parameter setelah perlakuan

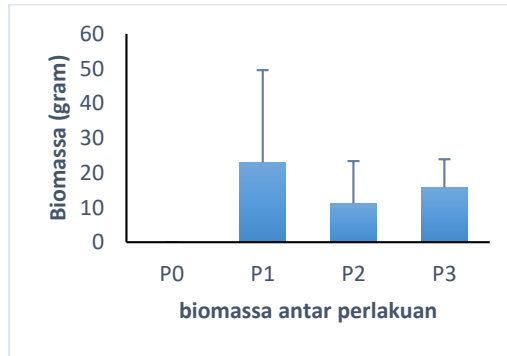
Pada penelitian ini menggunakan analisis secara deskriptif. Data parameter seperti TSS, BOD, DO, pH, TDS, EC, suhu, dan biomassa dimasukkan kedalam *Microsoft excel* kemudian dilakukan analisis dengan uji *analysis of variance* (ANOVA) program software PAST (*Paleontological statistics*).

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Biomassa Tanaman

Gambar 1 menyajikan berat biomassa tertinggi pada tanaman genjer (*Limnocharis flava*). Hasil uji pada biomassa tanaman mengalami penurunan dari bobot awal perlakuan. Nilai rata-rata biomassa berkisar antara 0 – 23 gram. Rendahnya nilai biomassa pada P0 disebabkan tidak adanya perlakuan tanaman pada bak tersebut. Biomassa yang tinggi pada

P1 disebabkan oleh pertumbuhan tanaman yang baik, dimana kondisi parameter suhu dan pH pada media tanam mendukung pertumbuhan tanaman. Biomaasa pada P1 cukup tinggi, hal ini menandakan bahwa tanaman mempunyai toleransi terhadap senyawa pencemar. Hal ini sejalan dengan pernyataan Sidauruk & Sipayung (26) peningkatan biomassa menandakan jenis tanaman tersebut memiliki toleransi relative tinggi terhadap kadar pencemara logam berat.



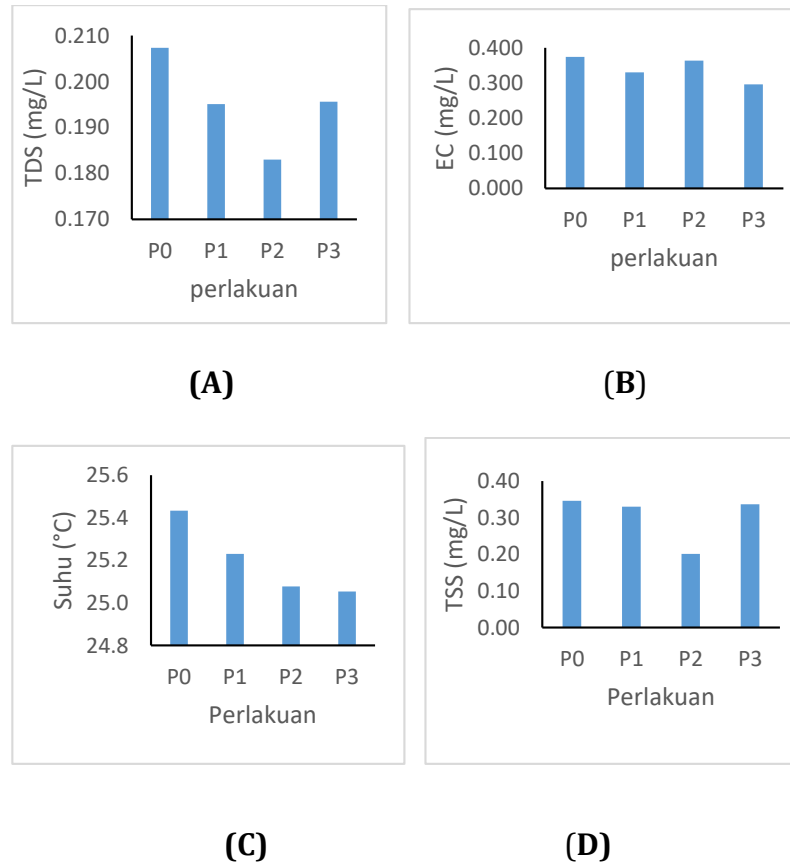
Keterangan P0 = kontrol, P1 = tanaman genjer (*Limnocharis flava*), P2 = tanaman teratai (*Nymphaea alba*), P3 = tanaman genjer (*Limnocharis flava*) + teratai (*Nymphaea alba*)

Gambar 1. Grafik Biomassa Tanaman

Sedangkan pada P2 dan P3 biomassa tanaman lebih rendah dibandingkan dengan P1, hal ini diduga tanaman pada bak P2 dan P3 mengakumulasi logam berat lebih banyak, dan sebagian tanaman layu dan rusak, serta akar mengalami kerontokan. hal ini sesuai dengan pernyataan Caroline & Moa (6) kandungan pencemar berlebih seperti logam Pb akan menghambat pertumbuhan tanaman, tanaman mampu mengakumulasi logam berat dalam jumlah banyak namun biomassa tanaman akan rendah. Bahan organik toksik masuk ke dalam tanaman melalui mekanisme penyerapan tanaman, dapat menyebabkan perubahan fisik pada tanaman (18). Menurut Widyasari (31) Beberapa faktor, seperti kondisi pH dan kandungan nutrisi, biotik dan abiotik (suhu, kelembapan, cahaya matahari, curah hujan), dan sifat alami tanaman hiperakumulator, seperti spesies dan fisiologi akar, batang, dan daun, berpengaruh terhadap akumulasi logam berat. Gambar 2 menunjukkan bahwa hiperakumulator terbaik pada tanaman genjer (*Limnocharis flava*), ditandai dengan biomassa pada tanaman genjer (*Limnocharis flava*) lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman teratai (*Nymphaea alba L*), hal ini disebabkan kemampuan tanaman genjer dalam beradaptasi dengan lingkungan tercemar relative lebih baik dibandingkan dengan tanaman teratai (*Nymphaea alba*). Menurut Sidauruk, & Sipayung (26). Pertambahan biomassa tertinggi menandakan tanaman tersebut memiliki toleran relative tinggi terhadap kadar pencemar. Tanaman hiperakumulator memiliki mekanisme yang berbeda berdasarkan jenis tanamannya dalam menyerap kontamian logam berat, sehingga biomassa di setiap tanaman akan berbeda (23).

3.2 Efisiensi dan Keefektivitasan Tanaman

Berdasarkan hasil analisis pada kualitas air baik secara fisika maupun kimia selama 15 hari dengan perlakuan tanaman genjer dan teratai sebagai agen fitoremediasi mampu menurunkan beberapa parameter secara fluktuasi maupun signifikan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2, 3, 4 dan 5.



Gambar 2. Grafik Efektivitas pada Parameter Fisika (TDS, EC, Suhu, dan TSS)

Gambar 2 menunjukkan efektivitas tanaman genjer dan teratai terhadap penyisihan kadar pencemar mengalami penurunan secara signifikan pada parameter suhu, sedangkan pada parameter EC, TSS, dan suhu penurunan masih tidak stabil atau fluktuasi. Nilai rata-rata TDS berkisar antara 0.183 hingga 0.207 mg/L, tertinggi pada P0 dikarenakan tidak ada perlakuan tanaman, yang dapat menunjukkan bahwa kedua jenis tanaman memiliki peranan dalam menurunkan kadar TDS dan terendah pada P2 diduga disebabkan oleh penurunan jumlah senyawa organik oleh akar dalam media tanam. Hal ini sejalan dengan pernyataan Kustiyaningsih & Irawanto (10) Mikroorganisme pada akar tumbuhan dapat menguraikan bahan organik dan anorganik menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga akar mudah menyerap bahan-bahan tersebut. Pada P3 nilai TDS mengalami kenaikan hal ini diduga disebabkan oleh tanaman yang layu dan rusak. Tingginya TDS dalam perairan disebabkan oleh sisa bahan organik dan anorganik dari bagian tanaman yang layu (10).

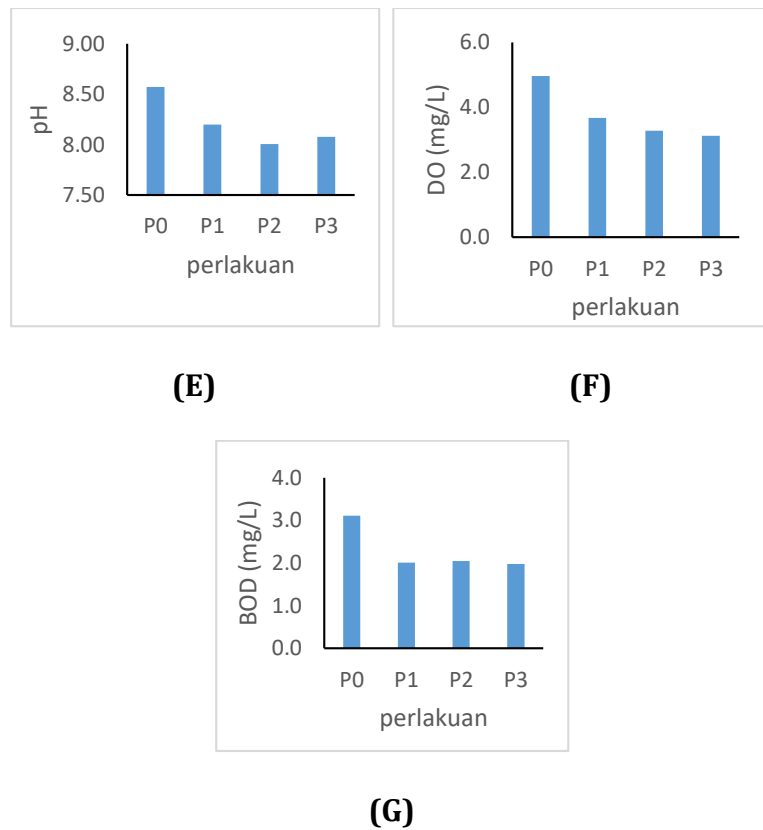
Nilai rerata EC (*Electrical Conductivity*) diantara 0,296 - 0,373 mg/L dengan nilai terendah pada P3 hal ini diduga disebabkan oleh tanaman yang mampu menyerap nutrisi lebih baik dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P2. Hal ini sejalan dengan pernyataan munawaroh (15) penurunan pada nilai konduktivitas menandakan bahwa tanaman menyerap nutrisi dengan baik sehingga nilai kadar EC mengalami penurunan. Perubahan nilai EC juga dapat dipengaruhi oleh faktor kondisi suhu (21). Nilai EC yang relative tinggi menandakan terdapat banyak kandungan garam pada perairan, yang menjadikan air mudah menghantarkan listrik (24).

Rerata suhu berada pada kisaran 25 – 25.4°C, terendahnya nilai suhu pada P2 dan P3 diduga disebabkan oleh kondisi cuaca dan intensitas cahaya matahari yang masuk dalam bak perlakuan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P0, dan P1. Hal ini sejalan dengan pernyataan Zakia (33) yang menyatakan air yang tidak terpapar langsung dengan matahari

akan menyebabkan suhu perairan menurun, namun suhu pada kisaran 24 – 28 °C optimal untuk fitoremediasi. Menurut Muarif (13) Hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi suhu air karena paparan matahari yang kurang dan suhu udara yang rendah.

Nilai TSS dalam kisaran 0,201 - 0,346 mg/l, Nilai terendah pada P2 diduga disebabkan oleh rendahnya endapan dekomposisi bahan organik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ruhmawati (22) Proses penyerapan tanaman, dekomposisi bahan organik, dan mengendapnya hasil dekomposisi bahan organik menyebabkan penurunan kadar TSS. Menurut Munawaroh (15) padatan tersuspensi melekat pada akar tanaman yang lebat sehingga nilai TSS menurun. Hal tersebut diperkuat oleh penjelasan Sari (25) penurunan pada kadar TSS dapat disebabkan oleh akar tanaman serabut sehingga akoloid akan menempel pada akar.

Penurunan kadar pencemar diduga diakibatkan oleh dekomposisi bahan organik terlarut, sehingga kadar pencemar cenderung menurun namun secara fluktuasi karena setiap tanaman memiliki proses yang berbeda. Akar tanaman mampu memfilter partikel-partikel dalam air limbah, akar tanaman genjer dan teratai berbentuk panjang dan serabut yang mampu menurunkan kadar pencemar.



Gambar 3. Grafik Efektivitas pada Parameter Kimia (pH, DO, dan BOD)

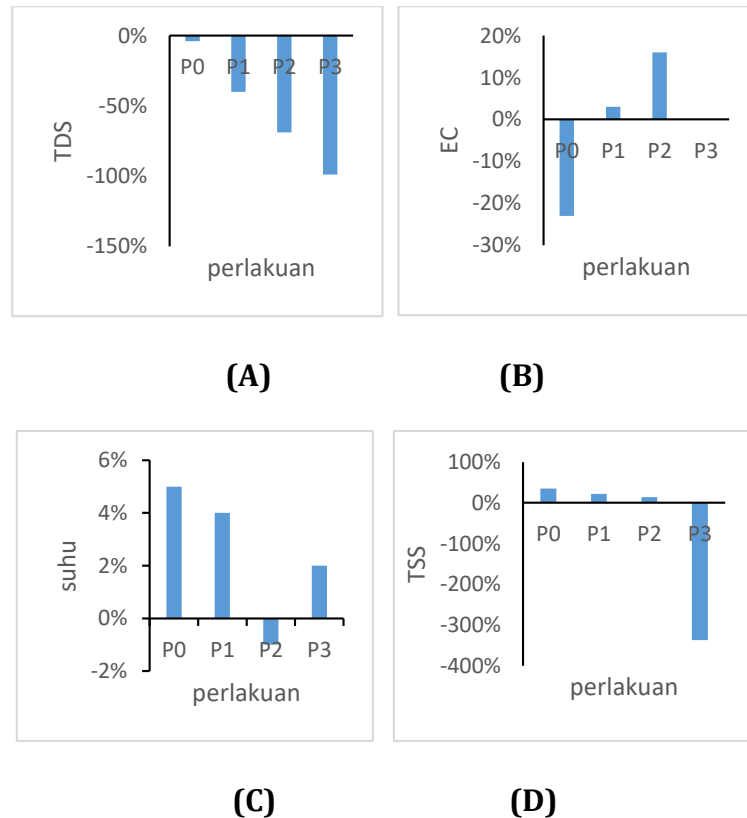
Efektivitas tanaman genjer dan teratai dalam parameter kimia mengalami penurunan yang signifikan pada parameter DO, namun pada parameter pH dan BOD nilai masih fluktuasi. Nilai rata-rata pH dalam kisaran 8 – 8,5, nilai terendah P2 Perubahan nilai pH diduga dipengaruhi oleh fotosintesis yang tidak merata, kemungkinan disebabkan oleh berbagai faktor, seperti suhu, cuaca, aktivitas biologi, dan kandungan oksigen, CO₂ dan ion-ion. Ini sejalan dengan pernyataan Widyaningsih & Sa'adah (30) bahwa jika tingkat CO₂ dalam air menurun, maka pH air akan meningkat, dan jika tingkat CO₂ meningkat, maka pH akan menurun. Derajat keasaman (pH) sangat penting untuk proses respirasi dan

fitoremediasi (17), yang mana kondisi perairan yang terlalu asam ataupun basa dapat mengganggu proses metabolisme dan respirasi.

DO pada penelitian ini rerata berkisar antara 3,1 - 4,9 mg/l, rendahnya nilai DO pada P3 diduga disebabkan oleh difusi oksigen di atmosfer, aktivitas fotosintesis, dan peningkatan suhu karena intensitas cahaya yang meningkat. Menurut Latuconsina (12) bahwa suhu dapat mempengaruhi oksigen terlarut di perairan, suhu yang tinggi akan menurunkan oksigen terlarut. Respirasi hewan dan tumbuhan air, serta proses dekomposisi bahan organik juga dapat menyebabkan hilangnya oksigen dalam perairan (17).

Rerata nilai BOD pada kisaran 1,9 - 3,1 mg/l, rendahnya nilai BOD pada P3 diduga disebabkan oleh suhu, serasah tanaman, dan kandungan bahan organik. Nilai BOD meningkat menurut Daroini & Arisandi (7) jika terdapat lebih banyak bahan organik di perairan, tetapi nilai BOD turun jika bahan organik lebih sedikit. Tanaman yang telah mati dan membusuk dapat mengakibatkan peningkatan bahan organik, sehingga kadar BOD pada air limbah mengalami peningkatan (16)

Penurunan pada parameter kimia masih berkesinambungan dengan parameter fisika, hal ini sesuai dengan pernyataan Ariadi (3) bahwa Komponen fisika kimia air memiliki keterikatan yang antara satu sama lain, seperti : salinitas, kecerahan, suhu, nitrit, dan bahan organik yang terkait dengan konsentrasi pH.

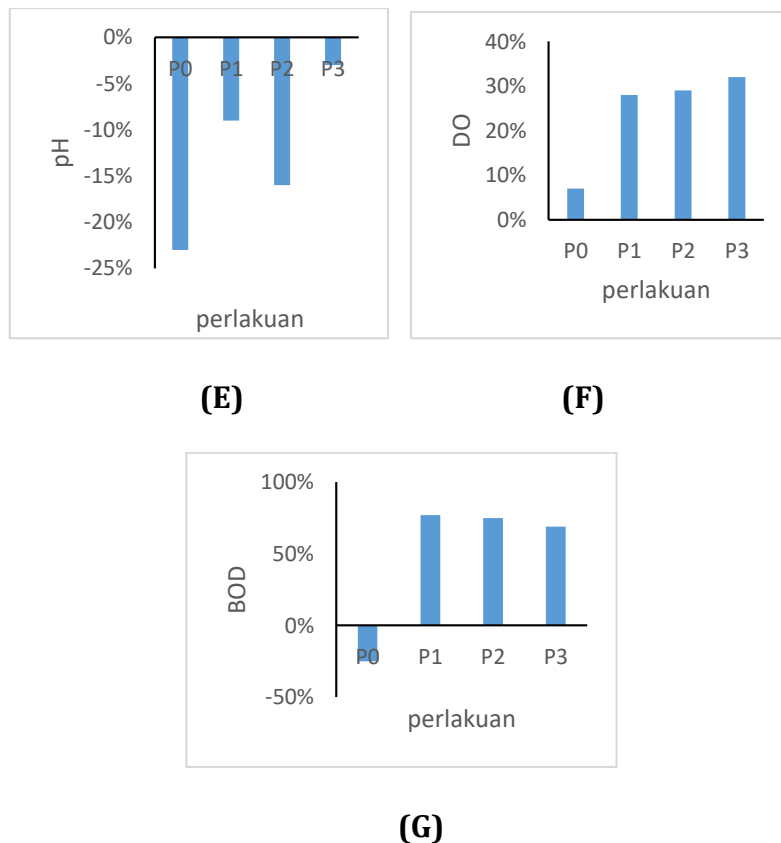


Gambar 4. Grafik Efisiensi pada Parameter Fisika (TDS, EC, Suhu, TSS)

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai presentase efisiensi parameter TDS tertinggi pada perlakuan P0 hal ini diduga oleh kenaikan nilai efektivitas tanaman dalam menurunkan kadar TDS dan kurangnya lama kontak pemaparan. Menurut Mulyadi (14) kadar TDS air limbah tinggi karena banyaknya senyawa organik dan anorganik yang terlarut, mineral, dan garam, begitu pula sebaliknya. Pada parameter EC merupakan nilai paling efisien dibandingkan dengan parameter lainnya, nilai EC yaitu 16% yang mana air limbah

mengalami penurunan kadar pencemar meskipun grafik masih secara fluktuasi. Nilai konduktivitas cenderung turun dan meningkat. Penurunan nilai konduktivitas menurut (15) diakibatkan oleh penyerapan nutrisi tanaman yang baik, yang menyebabkan penurunan kadar EC. Sebaliknya, kenaikan nilai konduktivitas disebabkan oleh berkurangnya kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi, yang mengakibatkan peningkatan kadar EC.

Nilai presentase suhu pada perlakuan tanaman P1 sebesar 4%, hal ini diduga tanaman mampu menyisihkan kadar pencemar pada perairan, meskipun grafik masih secara fluktuasi. Menurut Latuconsina. (11), bahwa berbagai elemen termasuk kelembapan udara, curah hujan, penguapan, suhu udara, kecepatan angin, dan intensitas radiasi matahari, juga dapat mempengaruhi suhu. Suhu yang terlalu tinggi dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan proses fotosintesis. Presentase nilai TSS setiap perlakuan tanaman P1 sebesar 22%, hal ini diduga tanaman genjer mampu menurunkan kadar pencemar pada perairan, meskipun nilai secara fluktuasi karena kurangnya waktu tinggal. Menurut Wibowo & rahmanto (28) semakin lama pemaparan limbah dengan perlakuan maka semakin banyak padatan tersuspensi yang teradsorpsi, maka penurunan nilai presentase efisiensi semakin tinggi.



Gambar 5. Grafik Efisiensi pada Parameter Kimia (pH, DO, dan BOD)

Berdasarkan grafik efisiensi diatas (Gambar 5) presentase efisiensi pH tertinggi pada perlakuan P3 sebesar -3%, hal ini menandakan kombinasi kedua tanaman lebih efektif dalam menyisihkan kadar pencemar dibandingkan perlakuan lainnya, nilai minus menandakan kurangnya lama kontak waktu perlakuan. Menurut Raissa & Tangahu (20) nilai pH yang berubah dapat disebabkan oleh proses fotosintesis karena CO₂ berkaitan dengan pH, yang mana nilai pH diakibatkan oleh pengeluaran CO₂, dan proses respirasi menyebabkan H⁺ berkurang sehingga air limbah bersifat basa.

Nilai efisien pada parameter DO mengalami penurunan sebesar 32%, hal ini diduga diakibatkan oleh perubahan suhu dan nilai efektivitas tanaman. Menurut Latuconsina (12) Oksigen terlarut di perairan dapat dipengaruhi oleh suhu, dimana nilai suhu yang tinggi akan menurunkan oksigen terlarut. Meskipun nilai DO mengalami penurunan, namun nilai tersebut masih sesuai dengan standar baku mutu air PP No. 22 Tahun 2021, sehingga sesuai keperuntutkannya.

Efisiensi parameter BOD sebesar 77%. Hal ini menandakan kondisi perairan dalam kategori baik karena berkurangnya kadar pencemar dalam air. Menurut Ashari (4) semakin meningkatnya nilai BOD dapat menandakan air semakin tercemar yang disebabkan banyaknya kandungan organik dalam air tersebut. Lama kontak pemaparan dan variasi tanaman dapat mempengaruhi nilai efisiensi, semakin lama waktu pemaparan tanaman dengan limbah maka semakin banyak ion organik yang diserap, sehingga tingkat kadar pencemar akan menurun. Meskipun dalam proses fitoremediasi nilai disetiap parameter cenderung tidak stabil, nilai tersebut masih dalam kisaran standar baku mutu air PP No. 22 Tahun 2021.

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Pengelolaan limbah tahu dengan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dan teratai (*Nymphaea alba L*) efektif dan efisien dalam menyisihkan kadar pencemar yang ditandai dengan penurunan pada parameter fisika maupun kimia seperti : EC, suhu, pH, DO, dan BOD, dengan presentase nilai efisiensi tertinggi pada BOD sebesar 77% dan DO 32%. Meskipun nilai DO dan BOD menurun, namun tidak melebihi standar baku mutu air PP no.22 tahun 2021 sehingga dapat dikatakan air dalam kategori baik.

4.2. Saran/Rekomendasi

Hasil penelitian ini memberikan saran dan rekomendasi sebagai berikut : (1) Teknik fitoremediasi dalam limbah tahu disarankan menggunakan jenis tanaman lainnya sebagai perbandingan, (2) perlu adanya variasi jumlah tanaman dan lama kontak pemaparan terhadap limbah untuk mengetahui tingkat efektivitas dan efisiensi yang lebih baik.

Daftar Pustaka

1. 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, Vol.16(1): 160 – 164.
2. Alfatihah, A. Latuconsina, H., Prasetyo, H.D. 2024. Efektivitas tanaman kangkung (*Ipomoea reptans*) dan pakcoy (*Brassica rapa*) sebagai fitoremediasi terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada budidaya sistem akuaponik. Jurnal Habistus Aquatica, Vol.5(1): 21 – 30.
3. Ariadi, H., Wafi, A., Musa, M., & Supriatna, S. (2021). Keterkaitan Hubungan Parameter Kualitas Air Pada Budidaya Intensif Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*). Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan, 12(1), 18–28. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v12i1.781>
4. Ashari, T. M. (2020). Proses pengolahan air limbah tahu dengan menggunakan kombinasi fitoremediasi dan koagulasi-flokulasi. Lingkar: Journal of Environmental Engineering, 1(1), 7-18.
5. Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., & Widjonarko, D. M. (2021). Pengolahan limbah tahu dan potensinya. In Proceeding of Chemistry Conferences (Vol. 6, pp. 27-33).

6. Caroline, J., & Moa, G. A. (2015). Fitoremediasi logam timbal (Pb) (*Echinodorus palaefolius*) pada industri peleburan tembaga dan kuningan. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III, 10(3), 733–744.
7. Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(4), 558-566
8. Hibatullah, H. F. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (*Grey Water*) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Dengan Sistem Batch (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
9. Khaer, A., & Nursyafitri, E. (2019). Kemampuan Metode Kombinasi Filtrasi Fitoremediasi Tanaman Teratai Dan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Air Limbah Industri Tahu. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 17(2), 1. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v17i2.793>
10. Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (Tds) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143–148. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.18>
11. Latuconsina, H. (2019). *Ekologi perairan tropis: prinsip dasar pengelolaan sumber daya hayati perairan*. UGM PRESS.
12. Latuconsina, H. (2020). *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaannya*. UGM Press. Yogyakarta.
13. Muarif, M. (2016). Karakteristik Suhu Perairan Di Kolam Budidaya Perikanan. *Jurnal Mina Sains*, 2(2), 96–101. <https://doi.org/10.30997/jms.v2i2.444>
14. Muliyadi. (2020). “Efektivitas Bonggol Jagung sebagai Media Biofiltrasi dalam Menurunkan Beban Pencemar Limbah Domestik”. Jurusan Kesehatan Lingkungan. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Ternate. Ternate. *Jurnal HIGEIA* 4 (2).
15. Munawaroh, I., Prasetyo, H. D., & Latuconsina, H. (2023). Potency of Indian Shot (*Canna indica*) As Phytoremediator Physical Parameters of Water Quality in Supit Urang Fecal Waste Treatment Plant Malang City. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 16(2), 1–8.
16. Oktorina, A. N., Achmad, Z., & Mary, S. (2019). Phytoremediation of tofu wastewater using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/5/052009>
17. Pratama, Y. G. (2015). NYAMUK Anopheles sp dan Faktor Yang Mempengaruhi Di Kecamatan Rajabasa, Lampung Selatan. *J Majority* |, 4(2013), 20–27.
18. Putri, E. S.C., Lisminingsih, R. D., & Latuconsina, H. (2022). Kemampuan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menurunkan Kadar Amoniak pada Limbah Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var) Ability of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyaci. 4(2), 476–486.
19. Ramadiyanti, N., Prasetyo, H.D., Latuconsina, H. 2023. Dinamika Oksigen Terlarut Selama Proses Fitoremediasi Kombinasi Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*) di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja. *Jimsum*, Vol.1(2): 50 – 55.
20. Raissa, D. G., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F233-F237.
21. Rakhman, A., Lanya, B., Rosadi, R. B., & Kadir, M. Z. (2015). Pertumbuhan tanaman sawi menggunakan sistem hidroponik dan akuaponik the growth of mustard using hydroponics and aquaponics systems. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(4), 245-254.
22. Ruhmawati, T., Sukandar, D., Karmini, M., & Roni S., T. (2017). Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Permukiman*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.31815/jp.2017.12.25-32>

23. Sahabuddin, Septiningsih, E., Suwoyo, H. S., Nawang, A., & Agus Cahyadi. (2020). Kemampuan Tanaman Hias Bunga Impatiens balsamina L. dan Mirabilis jalapa L. dalam Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd). *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 11(1), 39–46. <http://journal.unhas.ac.id>
24. Said, Y. M., Achnopa, Y., Zahar, W., & Wibowo, Y. G. (2019). Karakteristik Fisika dan Kimia Air Gambut Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 11(2), 132–142.
25. Sari, N. D. (2018). Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan. Skripsi, 170205043, 1–127.
26. Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi lahan tercemar di kawasan industri Medan dengan tanaman hias. *Pertanian Tropik*, 2(2), 157093
27. Simanjuntak, N. A. M. B., Zahra, N. L., & Suryawan, I. W. K. (2021). Tofu wastewater treatment planning with Anaerobic Baffled Reactor (ABR) and activated sludge application. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 12(1).
28. Wibowo, M. A., & Rahmanto, T. A. (2021). Kombinasi Tangki Aerasi Dan Upflow Biofilter Dalam Mendegradasi Bahan Organik (Bod, Tss, Tds) Limbah Cair Industri Tempe. *Enviroous*, 2(1), 27-35
29. Wicaksana, A., & Rachman, T. (2018). Efektivitas tumbuhan mata lele (*Lemna so*) sebagai fitoremediator limbah budidaya pendederan instensif ikan baung (*Hemibagrus nemurus* Blkr.). In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 3, Issue 1). <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
30. Widyaningsih, S., & Sa'adah, N. (2018). Pengaruh Pemberian CO₂ terhadap pH Air pada Pertumbuhan *Caulerpa racemosa* var. *uvifera*.
31. Widyasari, N. L. (2021). Kajian tanaman hiperakumulator pada teknik remediasi lahan tercemar logam berat. *Jurnal Ecocentrism*, 1(1), 17-24.
32. Zahra, F. (2022). Fitoremediasi Limbah Cair Domestik Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava*) dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. 1–86.
33. Zakia, D. W., Prasetyo, H. D., & Latuconsina, H. (2023). Perbandingan Kemampuan Tanaman Semanggi Air (*Marsilea crenata*) dan Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*) dalam Menurunkan Parameter Fisik Air Limbah Tinja Supit Urang. *Jurnal Pembelajaran Biologi: Kajian Biologi dan Pembelajarannya*, 10(2), 77-85.