

## **Dengaruh Waktu Tinggal dan Bobot Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*) Pada Limbah Cair Tahu**

### ***Effect of residence time and weight of water spinach (*Ipomoea aquatica*) and water spinach (*Ludwigia adscendens*) on tofu liquid waste***

Rinda Indrawati<sup>1,\*</sup>, Hamdani Dwi Prasetyo<sup>1</sup>, Husain Latuconsina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang

\*email korespondensi: rindaindrawati2018@gmail.com

#### **Abstract**

Tofu liquid waste that is disposed of without further treatment will cause pollution. This pollution can cause disruption to the ecosystem and life in waters. One effective management of tofu liquid waste is using aquatic plants using the phytoremediation method. This research aims to determine the effect of variations in length of contact and biomass or plant weight with phytoremediation of water spinach plants (*Ipomoea aquatica*) and water periwinkle (*Ludwigia adscendens*). The method used in this research was a Randomized Group Design (RAK). RAK in this study used 5 treatments with 4 repetitions each. Data analysis was carried out descriptively in the form of tables from the results of observing the physical condition of the plants and diagrams from the results of measuring the biomass of water spinach plants (*Ipomoea aquatica*), water spinach (*Ludwigia adscendens*). Based on the research results, it was found that both plants experienced symptoms of chlorosis and necrosis. Final plant biomass increased with increasing initial weight and lengthening residence time. Thus the initial plant weight and residence time influence the final plant biomass.

**Key words:** Biomass, Phytoremediation, Liquid Waste, Aquatic Plants.

#### **Abstrak**

Limbah cair tahu yang dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut akan menimbulkan pencemaran. Pencemaran tersebut dapat menyebabkan terganggunya ekosistem dan kehidupan pada suatu perairan. Salah satu pengelolaan limbah cair tahu yang efektif menggunakan tanaman air dengan metode fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi lama kontak dan biomassa atau bobot tanaman dengan fitoremediasi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). RAK pada penelitian ini menggunakan 5 perlakuan dengan masing-masing 4 kali ulangan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dalam bentuk Tabel dari hasil pengamatan kondisi fisik tanaman dan Diagram dari hasil pengukuran biomassa tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*), tapak dara air (*Ludwigia adscendens*). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kedua tanaman mengalami gejala klorosis dan nekrosis. Biomassa akhir tanaman meningkat seiring dengan peningkatan bobot awal dan perpanjangan waktu tinggal. Dengan demikian bobot awal tanaman dan waktu tinggal mempengaruhi biomassa akhir tanaman.

**Kata kunci:** Biomassa, Fitoremediasi, Limbah Cair, Tanaman Air.

## **I. Pendahuluan**

Banyak orang yang menyukai tahu, tidak hanya di Indonesia tetapi juga di negara-negara Asia lainnya. Tahu tidak hanya memiliki rasa yang enak dan menyehatkan, tetapi cara membuatnya juga cukup mudah [9]. Pada tahap pengolahannya, industri tahu menghasilkan

limbah baik cair maupun padat. Proses penyaringan dan penggumpalan menghasilkan limbah padat, namun perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu menghasilkan limbah cair yang dihasilkan dalam jumlah besar [18].

Limbah cair tahu memiliki kandungan protein yang tinggi, dan jika dibuang langsung ke sungai dapat meninggalkan bau tidak sedap pada saluran air di sekitarnya sehingga dapat mengganggu ekosistem. Konsentrasi protein yang tinggi dapat menimbulkan bau tidak sedap dan membuat protein lebih rentan terurai. Menurut Fadli [6], limbah cair industri tahu mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi. Jika dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu, air tersebut dapat terkontaminasi. Dampak utama masuknya limbah organik ke dalam air adalah peningkatan BOD, COD, TSS, dan TDS, serta penurunan kadar oksigen terlarut.

Selain IPAL, ada cara lain untuk mengolah limbah cair, seperti penggunaan tumbuhan air hiperakumulator [12]. Cara pengolahan ini biasa disebut dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah salah satu teknologi untuk menurunkan konsentrasi pada limbah cair tahu. Jika dibandingkan dengan teknik pengolahan limbah lainnya, fitoremediasi lebih hemat biaya dan tidak memerlukan biaya operasional yang besar [11].

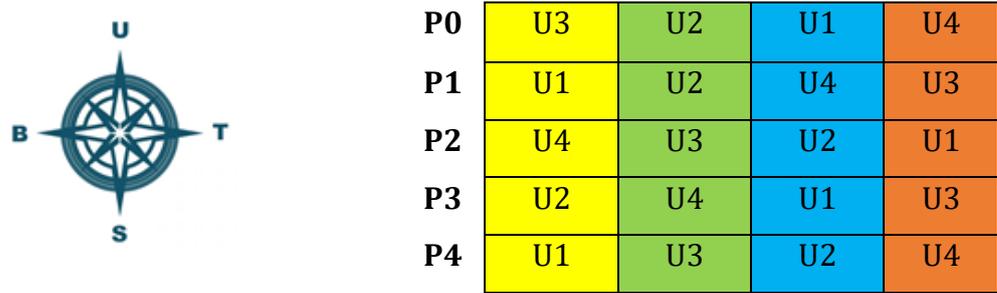
Menurut Ramadiyanti [15], tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) bekerja dengan baik sebagai agen fitoremediator karena meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dikolam fakultatif yang digunakan untuk pengolahan limbah tinja pada 28 hari proses fitoremediasi. Alya [2] melaporkan bahwa durasi kontak tanaman kangkung air dengan limbah rumah sakit berdampak positif terhadap penurunan kadar TSS. *Ipomea aquatica* juga efektif sebagai fitoremediator dalam menurunkan kadar amoniak pada air kolam pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) [1]. Tanaman kangkung (*Ipomea reptans*) menurut Alfatihah et al [3] juga efektif sebagai fitoremediator untuk mendukung pertumbuhan dan sintasan ikan lele (*Clarias gariepinus*) pada budidaya sistem akuaponik.

Penelitian ini memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) sebagai tanaman fitoremediasi, tanaman air berkualitas tinggi untuk pengendalian limbah cair dalam proses fitoremediasi industri tahu sebagaimana menurut [10]. Untuk menurunkan bahan pencemar pada limbah cair industry pengolahan tahu, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi lama kontak dan biomassa atau bobot tanaman dengan fitoremediasi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*).

## II. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2023 - Januari 2024. Untuk penelitian fitoremediasi dilakukan di Lab Ekosistem FMIPA Universitas Islam Malang dan untuk proses pengujian parameter kualitas air dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Halal Center (THC) Universitas Islam Malang.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 galon, tisu, botol plastik, loyang, alumunium foil, oven, timbangan analitik dan alat dokumentasi camera/Hp. Sedangkan bahan yang digunakan adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*), tapak dara air (*Ludwigia adscendens*), sampel air limbah cair tahu rumahan di sungai Jilu Pakis, Kabupaten Malang dan aquadest. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). RAK pada penelitian ini menggunakan 5 perlakuan dengan masing-masing 4 kali ulangan.



**Gambar 1.** Denah Perlakuan Sampel Penelitian

Keterangan:

- P0 = Kontrol
- P1 = Tanaman kangkung air 50 gram
- P2 = Tanaman kangkung air 100 gram
- P3 = Tanaman tapak dara air 50 gram
- P4 = Tanaman tapak dara air 100 gram

Cara kerja pada penelitian ini yaitu : 1) Pengambilan sampel limbah cair tahu di Sungai Jilu; 2) Pengambilan tanaman; 3) Aklimatisasi tanaman selama 7 hari; 4) Tahap Fitoremediasi dengan memasukkan air limbah cair tahu ke galon perlakuan sebanyak 5 liter pada 20 galon, menimbang tanaman kangkung air dan tapak dara air dengan berat 50 gram dan 100 gram dan diletakkan pada masing-masing galon; 5) Pengamatan kondisi fisik tanaman (akar, batang, dan daun) pada hari 0, 3, 6, 9, 12 dan hari ke 15; dan 6) Pengukuran biomassa tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*). Pengukuran biomassa tanaman dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_n = W_t - W_o$$

Keterangan:

- W<sub>n</sub> : Pertambahan bobot mutlak (gram)
- W<sub>t</sub> : Bobot pada akhir penelitian (gram)
- W<sub>o</sub> : Bobot pada awal penelitian (gram)

Analisis data dilakukan secara deskriptif dalam bentuk Tabel dari hasil pengamatan kondisi fisik tanaman dan Diagram dari hasil pengukuran biomassa tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*), tapak dara air (*Ludwigia adscendens*).

### III. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kondisi Fisik Tanaman

Kondisi fisik tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) selama proses fitoremediasi, ditunjukkan dengan perubahan fisik tanaman secara bertahap dari hari ke hari, yang meliputi perubahan warna daun, akar, dan batang tanaman, terlihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Kondisi Fisik Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Selama Proses Fitoremediasi

Waktu (Hari)	Dokumentasi Penelitian	Keterangan
0		<p>Pada hari ke-0, kondisi tanaman kangkung air terlihat segar, dengan daun berwarna hijau, batang berwarna hijau segar dan akar panjang yang mengambang bebas. Berat basah tanaman pada perlakuan P1 50 gram dan P2 100 gram.</p>
3		<p>Pada hari ke-3 kondisi tanaman kangkung air mengalami perubahan dari kondisi sebelumnya. Terdapat 1-2 helai daun berwarna kuning. Daun yang berwarna kuning terletak menempel pada batang. Dan sebagian perlakuan tanaman pada galon daunnya di makan oleh ulat. Akar masih terlihat menjuntai panjang dan kondisi batang masih sama seperti pada hari ke 0.</p>
6		<p>Pada hari ke-6 tanaman kangkung air, dari beberapa galon sebagian daunnya hingga batang dimakan oleh ulat. Daun berwarna hijau dan sebagian berwarna kuning mengering yang menempel pada batang dan adapula yang jatuh ke air. Akar tanaman terlihat tumbuh putih kecil-kecil. Pada batang yang tidak dimakan oleh ulat terlihat tumbuh memanjang.</p>
9		<p>Pada hari ke-9, kondisi daun berwarna hijau segar dan berwarna kuning mengering yang menempel pada batang dan adapula yang jatuh ke air. Ada juga yang tumbuh daun-daun kecil, batangnya banyak yang tumbuh tinggi. Akar bertambah panjang dan lebat. Kondisi tanaman terlihat tumbuh dengan baik.</p>
12		<p>Pada hari ke-12, perubahan morfologi pada tanaman kangkung air terlihat tidak jauh berbeda dari kondisi tanaman pada hari ke-9, daun hijau segar dan ada sebagian tumbuh daun kecil-kecil, batang semakin tumbuh tinggi dan akar tanaman semakin banyak dan lebat.</p>
15		<p>Pada hari ke-15, kondisi tanaman kangkung air terlihat banyak daun yang tubuh subur dan lebat. Akar tanaman kangkung air bertambah banyak, panjang dan lebat. Dan ada 1-2 daun berwarna kuning. Batang tumbuh panjang merambat ke dinding lab.</p>

Sumber: Dokumentasi Hasil Penelitian, 2024.

Berdasarkan **Tabel 1**, dapat diketahui bahwa tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang digunakan sebagai tanaman fitoremediator mengalami perubahan fisik, perubahan yang paling dominan pada daun. Perubahan pada daunnya dapat dilihat daun yang mulanya hijau segar menjadi daun hijau yang terdapat bintik-bintik kuning dan 1-3 daun mengering pada setiap perlakuan. Serta pertumbuhan tanaman yang sangat pesat antara daun dan akar.

Morfologi daun kangkung air terdapat bercak kuning karena bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti jamur, kekurangan unsur magnesium dan nitrogen. Daun yang menguning menunjukkan adanya gejala klorosis. Menurut Ansori [20], klorosis adalah degenerasi klorofil, atau klorofil yang tidak berkembang atau tidak ada, menyebabkan daun menguning atau membentuk mosaik bernuansa hitam, kuning, dan putih. Karena rusaknya enzim penghasil klorofil pada struktur sulfidril, dimana kandungan logam pada tanaman berikatan dengan gugus tersebut, maka enzim tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga mengakibatkan klorosis dan nekrosis pada daun.

Pada hari ke-3, mikroorganisme mulai muncul pada limbah atau galon perlakuan terutama pada perlakuan P0 (perlakuan kontrol) dan pada tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) terdapat ulat berwarna hijau yang memakan daun dan batang. Mikroorganisme yang muncul ini dimungkinkan karena tingginya kadar sisa protein dan asam asetat yang terdapat pada limbah cair tahu, yang keduanya meningkatkan efektivitas fermentasi. Bahan utama tahu, kedelai, juga mengandung protein (34,9%), karbohidrat (34,8%), lemak (18,1%), dan nutrisi lainnya. Akibatnya limbah cair yang dihasilkan mengandung bahan organik dalam jumlah besar [10].

**Tabel 2** menunjukkan pengamatan kondisi tanaman tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) pada semua perlakuan selama 15 hari saat proses fitoremediasi mengalami perubahan fisik. Berdasarkan **Tabel 2**, tanaman tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) terjadi perubahan fisik yang ditandai dengan perubahan daun akar dan batang. Pada daunnya dapat dilihat pada **Tabel 2**, awalnya hijau segar menjadi kuning, daun yang menempel pada batang menjadi terlepas dari batang tanaman jatuh ke air. Sedangkan pada daun yang masih berwarna hijau terdapat bintik-bintik kuning dan putih. Sama halnya dengan akar, akar yang awalnya panjang mengalami kerontokan, akarnya menjadi pendek dan ada beberapa batang yang patah. Menurut penelitian Hajar [21], akar adalah bagian pertama tanaman yang bersentuhan dengan limbah, maka kerusakan yang ditimbulkan lebih besar dibandingkan bagian tanaman lainnya. Hal ini berkaitan dengan salah satu mekanisme fitoremediasi, yaitu fitoekstraksi, yang proses dimana tanaman menyerap kontaminan dari air melalui akarnya dan menyimpannya di tajuk tanaman.

Karakteristik fisik tanaman tapak dara air terdapat bercak putih dan sebagian kuning. Perubahan warna daun pada tanaman menunjukkan gejala klorosis dan nekrosis menunjukkan bahwa tanaman tersebut keracunan pH, TDS, TSS dan BOD dalam air limbah tahu. Tanaman yang mengalami pembusukan pada daun atau batang dan kerontokan pada akar menunjukkan adanya gejala nekrosis. Menurut Putri [13], menyatakan nekrosis ditandai dengan aktivitas sel yang relatif rendah yang akhirnya mengalami kematian sel jaringan, sehingga mengganggu fungsi di area yang terkena. Hal ini sejalan dengan penelitian Vidyawati [19], perubahan warna yang terjadi pada daun dapat disebabkan karena pencemaran bahan organik.

**Tabel 2.** Kondisi Fisik Tanaman Tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) Selama Proses Fitoremediasi

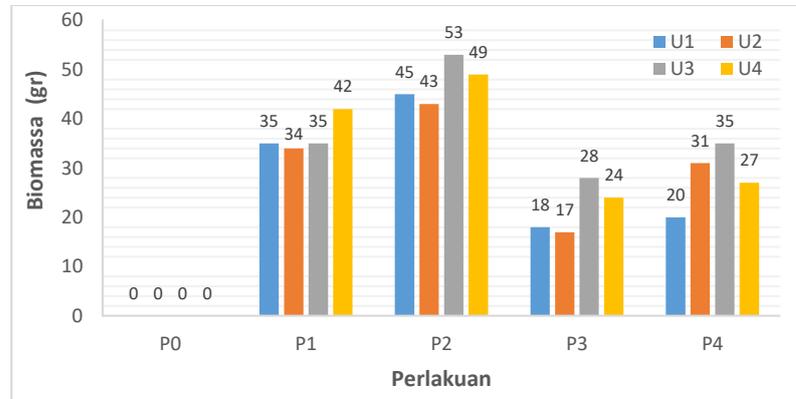
Waktu (Hari)	Dokumentasi Penelitian	Keterangan
0		Pada hari ke-0, kondisi tanaman tapak dara air terlihat segar, dengan daun berwarna hijau dan akar panjang yang mengambang bebas. Berat basah tanaman adalah pada P3 50 gr dan P4 100 gr.
3		Pada hari ke-3, kondisi tanaman tapak dara air tidak mengalami perubahan secara signifikan. Daun terlihat segar dan berwarna hijau dan ada 1-3 daun berwarna kuning. Batang dan akar tidak mengalami perubahan.
6		Pada hari ke-6, kondisi tanaman tapak dara air terlihat segar, dengan daun berwarna hijau tetapi terlihat beberapa daun terdapat bintik-bintik berwarna kuning. Akar tanaman tidak jauh berbeda dari hari ke-3. Ada 1-2 batang yang patah.
9		Pada hari ke-9, kondisi tanaman tapak dara air banyak daun yang menguning dan mengering dan menempel pada batang dan ada pula yang jauh ke air. Daun yang berwarna hijau terdapat bintik-bintik kuning. Tumbuh akar kecil-kecil. Sedangkan batang ada juga yang patah.
12		Pada hari ke-12, Kondisi tanaman tapak dara air pada daun terdapat bintik-bintik kuning dan ada pula yang mengering. Akarnya ada beberapa yang rontok dan jatuh ke dasar galon. Batang ada yang patah.
15		Pada hari ke-15. Kondisi tanaman tidak jauh berbeda dari hari ke-12. Hanya saja ada daun yang tumbuh kecil-kecil dan batang juga tumbuh. Daun ada bintik-bintik putih dan kuning.

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

### 3.2 Biomassa Tanaman

Hasil pengukuran biomassa tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan tanaman tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) selama pengamatan sebagaimana ditampilkan pada **Gambar 2**. Pertambahan biomassa tertinggi yaitu pada tanaman kangkung air (*Ipomoea*

*aquatica*) perlakuan biomassa awal 100 gram rata-rata sebanyak 147,5 g dan terendah pada tanaman tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) perlakuan biomassa awal 50 gram rata-rata sebanyak 71,75 gram.



(Keterangan: P0=Kontrol; P1=*Ipomoea aquatica* 50 g; P2= *Ipomoea aquatica* 100 g; P3= *Ludwigia adscendens* 50 g; P4= *Ludwigia adscendens* 100 g)

**Gambar 2.** Grafik Biomassa Tanaman *Ipomoea aquatica* dan *Ludwigia adscendens*

Menurut Rahmawati [14], menyatakan kapasitas akar tanaman secara efektif menyerap kontaminan yang mengandung unsur hara dan menyimpannya dalam jaringan tanaman untuk proses metabolisme yang menghasilkan produksi sel-sel baru pada tanaman, sehingga meningkatkan bobot basah atau biomassa tanaman. Kandungan biomassa yang tinggi disebabkan oleh pertumbuhan tanaman yang sehat, hal ini didukung oleh tingkat pH dan suhu media tanam yang ideal.

Hasil penelitian relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alya [2], Luas permukaan akar tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang kotak dengan air limbah rumah sakit lebih besar karena banyaknya tanaman yang pakai, umurnya, dan lama tinggal tanaman. Hal ini disebabkan tingginya kadar nutrisi yang diterima oleh akar kangkung air khususnya nitrat, amonia, dan fosfat. Pada sistem fitoremediasi dibuktikan dengan pertumbuhan tanaman kangkung air yang lebih banyak dibandingkan dengan berat kangkung yang sedikit. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Aditya [1], yang melaporkan bawa tanaman kangkung (*Ipoemea aquatica*) menunjukkan rata-rata penurunan kadar amonia lebuah besar. Karena fleksibilitasnya yang tinggi, tanaman kangkung efektif menyerap nitrogen dan unsur hara lainnya. Akar kangkung yang dalam juga dapat menarik kadar amonia hingga ke dasar wadah. Menurut Amin [4], *Ludwigia adscendens* dapat digunakan sebagai fitoremediasi karena peran penting dari akarnya. Di dalam substrat, akar menyuplai oksigen bagi makhluk hidup yang ada di dalamnya, sehingga dapat mengaktifkan dan mempercepat proses fitoremediasi. Selain mendukung kehidupan, difusi oksigen dalam substrat dapat mendorong pengendapan logam dalam sedimen.

Nitrat merupakan unsur hara yang dimanfaatkan oleh tanaman. Air yang kaya nutrisi merupakan sumber nutrisi yang diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman. Jika tanaman menggunakan amonia sebagai media filter biologis, jumlah kontaminan dalam air limbah akan berkurang. Pada tumbuhan air, fosfat dapat memperkuat batang tanaman dan mempercepat pertumbuhan akar. Tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) dapat dimanfaatkan sebagai biofilter pengganti untuk menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan amonium (NH<sub>4</sub><sup>-</sup>), sehingga mengurangi

jumlah nitrogen dalam air. Maka dari itu, jumlah biomassa atau berat kedua tanaman tersebut sangat mempengaruhi dalam proses penurunan kadar pH, TDS, TSS dan BOD [8].

## IV. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Karakteristik fisik tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) mengalami gejala klorosis dengan daun yang menguning dan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) mengalami gejala klorosis dan nekrosis dengan daun menguning, akar rontok dan batang patah. Sedangkan biomassa akhir tanaman meningkat seiring dengan peningkatan bobot awal dan perpanjangan waktu tinggal tanaman. Maka dari itu fitoremediasi menggunakan kangkung air dan tapak dara air efektif untuk menurunkan kandungan yang terdapat pada limbah cair tahu.

### 4.2 Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam terlaksanakannya kegiatan penelitian ini khususnya kepada teman-teman mahasiswa biologi FMIPA.

## Daftar Pustaka

1. Aditya, L.A., Latuconsina, H., Prasetyo, H.D., 2023. *Phytoremediation Effectiveness Azolla sp. and Ipomoea aquatica Towards Amonia Levels Reduction in Tilapia (Oreochromis niloticus) Water Cultivation. Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan.* 16(1), 160-164.
2. Alya, F. 2022. Pengaruh Waktu Kontak dan Bobot Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Terhadap Penurunan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah Rumah Sakit dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 4(2), 1-8.
3. 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 Lelesangkuriang (*Clarias gariepinus*) Pada Budidaya Sistem Akuaponik. *Jurnal Habitus Aquatica.* 5(1): 21 – 30.
4. Amin, R., Mafikalita Sari, R. A., & Rahyuni, D. 2021. *The Potency of Ludwigia adscendens and L. octovalvis as Phytoremediator Macrophytes in Indonesia. Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research,* 15(6), 78-86.
5. Elawati, E., Kandowangko, N. Y., Lamondo, D., & Gintulangi, S. O. 2018. Efisiensi Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) Oleh Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Dengan Waktu Kontak Yang Berbeda. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi,* 6(2), 162-166.
6. Fadli, D. A., Utami, A., & Yudono, A. R. A. 2021. Pengaruh Karakteristik Limbah Cair Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Di Desa Siraman, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Gunungkidul, DIY. *Prosiding SATU BUMI,* 3(1):130-138.
7. Hapsari, J. E., Amri, C., & Suyanto, A. 2018. Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) sebagai Fitoremediasi Dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan,* 9(4), 172-177.
8. Hasan, Z., Andriani, Y., Dhahiyat, Y., Sahidin, A., & Rubiansyah, M. R. 2017. Growth of different strains of three fishes and water spinach (*Ipomoea reptans* Poir) based aquaponic. *Jurnal Iktiologi Indonesia,* 17(2), 175-184.

9. Indah, L. S., Soedarsono, P., & Hendrarto, B. 2014. Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia sp.*), Kangkung Air (*Ipomea sp.*), dan Kayu Apu (*Pistia sp.*) dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(1), 1-6.
10. Najwa, S., Callista Elvania, N., Sri Margianti, Y., 2023. Efektivitas Metode Fitoremediasi Dengan Jenis Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Terhadap Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Desa Ledok Kulon. *Jurnal Envirotek*, 15, 166-170.
11. Novita, E., Hermawan, A. A. G., & Wahyuningsih, S. 2019. Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. *Jurnal Agroteknologi*, 13(01), 16-24.
12. Pradana, T. D., Suharno, S., & Apriansyah, A. 2018. Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 56.
13. 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). *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, 4(2), 476-486.
14. Rahmawati, N., Lisminingsih, R. D., & Prasetyo, H. D. 2023. Phytoremediation Using Different Numbers of Individual Kayu Apu Plant (*Pistia stratiotes*) in Reducing Lead (Pb) Levels in Paper Recycling Factory Waste. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains Unisma Malang*, 1(2), 33-40.
15. Ramadiyanti, N. N., Prasetyo, H. D., & Latuconsina, H. 2023. Dynamics of Dissolved Oxygen During the Phytoremediation Process Combination of Water spinach (*Ipomoea aquatica*) and Java Fern (*Microsorium pteropus*) at the Fecal Waste Treatment Plant. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains Unisma Malang*, 1(2), 50-55.
16. Sarofah, A. K. 2021. Pengaruh Limbah Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai di Desa Mejing Kecamatan Candimulyo. *Indonesian Journal of Nature Science Education (IJNSE)*, 4(1), 400-403.
17. Sudaryati, D. 2013. Simpanan Karbon Pada Komponen Biomassa Vegetasi Hutan Rakyat di Desa Plipir, Kecamatan Purworejo, Provinsi Jawa Tengah (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
18. Unisah, S., & Akbari, T. 2020. Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Tanaman *Azolla microphylla* pada Industri Tahu B Kota Serang. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 3(2), 73-86.
19. Vidyawati, D. S., & Fitrihidajati, H. 2019. Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(2), 113-119.
20. Ansori, A.S., 2022. Uji potensi tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia Crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator logam berat Kromium (Cr) pada limbah cair dari pabrik kulit di Magetan Jawa Timur (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
21. Hajar, S., 2022. Fitoremediasi Tanah Tercemar Aluminium (Al) dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).