

AQUASAINS

Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan
(Vol 13 No. 2 Tahun 2025)

EFFECTIVENESS OF THE AQUATIC PLANT *Azolla microphylla* FOR REDUCING CONTAMINANTS IN TOFU LIQUID WASTE

Rifan Fahriansyah^{1*} · Zahidah Hasan¹ · Emma Rochima¹ · Mochamad Candra W. Arief¹

Received: 4 September 2024, Revised: 29 December 2024, Accepted: 9 March 2025

ABSTRACT *One of the industrial activities that produces a lot of liquid waste is the tofu industry. Most of the liquid waste from industry flows directly into the sewer without prior treatment. This research aimed to determine the best plant biomass for reducing contaminants in tofu liquid waste. This research used an experimental method with a completely randomized design with 4 treatments and 3 replications, namely A (without addition of Azolla), B (addition of Azolla 250 grams), C (addition of Azolla 3000 grams), and D (addition of Azolla 350 grams). Tofu waste samples were obtained from the Cheese Tofu Factory located in the Cibuntu Tofu Industrial Center, Bandung City. The results of research for 15 days showed that the addition of *Azolla microphylla* could reduce the levels of contaminants in tofu liquid*

*waste. The addition of 300 grams of *Azolla microphylla* plants to the phytoremediation process provided the best reduction in contaminants in tofu liquid waste by reducing BOD concentrations by 61%, nitrate by 77.49%, and phosphate by 68.44%.*

Keywords: *Azolla microphylla, phytoremediation, tofu industry.*

PENDAHULUAN

Limbah adalah hasil dari adanya aktivitas manusia yang terbuang atau dibuang dari sumber aktivitas manusia maupun alam yang belum memiliki nilai ekonomi. Limbah tidak hanya dihasilkan dari kegiatan skala besar seperti industri, tetapi juga dihasilkan pada kegiatan sehari-hari seperti makan,

¹ Faculty of Fisheries and Marine Science, Padjadjaran University.

* E-mail: fahriansyah240601@gmail.com

minum dan mencuci. Berdasarkan wujudnya limbah terbagi menjadi limbah padat dan limbah cair (Sunarsih 2018). Salah satu kegiatan industri di Indonesia yang banyak menghasilkan limbah cair adalah kegiatan industri tahu. Dalam prosesnya industri tahu menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu (Nocita 2009). Kebanyakan limbah dari industri tahu dialirkan langsung ke saluran pembuangan sehingga dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan sekitarnya. Perkembangan industri tahu yang meningkat dikhawatirkan akan menyebabkan kualitas lingkungan perairan di sekitar industri tahu terganggu (Rossiana 2006).

Salah satu sentra industri tahu yang memiliki jumlah pabrik dan pengrajin tahu terbesar di Bandung berada di Kelurahan Babakan, Kecamatan Babakan Ciparay, Kota Bandung. Wilayah ini dikenal sebagai wilayah Cibuntu dengan produknya yang terkenal yaitu Tahu Cibuntu. Dengan jumlah pengrajin tahu sebanyak 255 orang dan 135 pabrik, keberadaan industri tahu ini telah membantu dalam penyerapan tenaga kerja dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi (Lestari 2018). Proses pembuatan tahu menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu sehingga jumlah limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Limbah cair tahu mengandung polutan yang cukup tinggi serta padatan tersuspensi maupun terlarut (Ruhmawati *et al.*, 2017). Di industri tahu cibuntu sendiri limbah padat disimpan kemudian dijual kembali menuju peternak sebagai bahan makanan untuk ternak sedangkan limbah cair hasil pengolahan tahu dialirkan ke riol kota

tanpa melalui proses pengolahan limbah cair terlebih dahulu (Handayani 2021).

Pengolahan limbah cair tahu perlu dilakukan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah fitoremediasi menggunakan tumbuhan air. Fitoremediasi merupakan suatu sistem yang menggunakan tanaman tertentu dalam media yang dapat mengubah zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya (Aslam 2017). Tanaman air seperti *Azolla* memiliki kemampuan hiperakumulasi yang diketahui dapat memulihkan sumber perairan tercemar dengan cara yang ramah lingkungan (Sood *et al.*, 2012). Salah satu jenis keluarga *azolla* yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi adalah *Azolla microphylla*. *Azolla microphylla* merupakan tumbuhan paku air kecil dengan diameter 1-2 cm yang halus dan mengapung di atas permukaan air secara individu/berkelompok (Ernawan 2010). Tumbuhan ini memiliki akar yang berfungsi dalam proses adsorpsi sehingga dapat menguraikan zat kontaminan yang tidak berbahaya dan dapat berguna bagi tumbuhan itu sendiri (Unisah & Akbari 2020).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Unisah & Akbari (2020) mengenai pengolahan air limbah cair tahu pada industri tahu B kota Serang dengan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* paling efektif menunjukkan penurunan konsentrasi BOD sebesar 60%, TSS sebesar 97%, pH netral dan COD sebesar 96% pada berat 300 gram. Penelitian yang dilakukan oleh Silviana & Rachmadiarti (2023) mengenai fitoremediasi fosfat dari deterjen menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* pada 3L air limbah dengan

konsentrasi detergen sintesis sebesar 10 ppm dan 20 ppm menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat tertinggi terjadi pada tanaman *Azolla microphylla* sebesar 79,54%. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Wati *et al.*, 2011) menunjukkan tanaman *Azolla microphylla* mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 64,12% dan konsentrasi TSS sebesar 95,28%.

Berdasarkan informasi tersebut dapat diketahui bahwa limbah cair hasil industri tahu di Cibuntu tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Salah satu alternatif pengolahan air limbah yang dapat diterapkan adalah fitoremediasi menggunakan tanaman *Azolla microphylla*. Maka penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kontaminan yang ada pada limbah cair menggunakan metode fitoremediasi dengan penambahan biomassa *Azolla microphylla*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 5 Januari–28 Februari 2024. Lokasi penelitian berada di Ruang Limbah Gedung 4 Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Padjadjaran. Limbah cair tahu diperoleh dari Pabrik Tahu Super Keju yang berada di Sentra Industri Tahu Cibuntu. Tanaman air yang digunakan dalam penelitian adalah tanaman *Azolla microphylla* yang diamati perubahan parameternya seperti konsentrasi BOD, nitrat dan fosfat, DO, suhu dan pH selama 15 hari. Pengukuran parameter kimiawi seperti BOD, nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Sumber Daya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan

Universitas Padjadjaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Tata letak rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

C2	B1	D2
B3	A2	B2
C1	A1	D1
C3	A3	D3

Gambar 1. Tata letak rancangan penelitian

Tahapan Penelitian

Langkah–langkah yang dilakukan selama penelitian adalah:

1. Alat dan bahan yang akan digunakan disiapkan.
2. Pengendapan limbah cair tahu selama 7 hari.
3. Tanaman air *Azolla microphylla* diaklimatisasi selama 3 hari sebelum dimasukkan ke dalam media fitoremediasi
4. Dilakukan pengenceran terhadap limbah cair tahu dengan penambahan air dengan perbandingan 1:10 (1 liter limbah cair tahu + 10 liter air).
5. Tanaman air dimasukkan ke dalam wadah galon yang berisi 3 L limbah cair tahu yang sudah diencerkan.

6. Pengukuran konsentrasi nitrat dan fosfat menggunakan spektrofotometer dan BOD menggunakan metode titrasi dengan botol winkler

Pengamatan suhu, DO, dan pH dilakukan setiap hari, sedangkan pengukuran nitrat, fosfat, BOD dan berat tanaman dilakukan setiap 5 hari. Parameter kualitas air yang diukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter Penelitian

Tabel 1. Parameter kualitas air yang diukur.

Parameter	Satuan	Alat Ukur
Suhu	°C	Thermometer
<i>Dissolved oxygen</i> (DO)	mg/L	DO Meter
Derajat keasaman (pH)	-	pH Meter
<i>Biochemical oxygen demand</i> (BOD)	mg/L	Spektrofotometer
Nitrat	mg/L	Spektrofotometer
Fosfat	mg/L	Seperangkat alat titrasi

Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif komparatif dengan membandingkan data yang diperoleh dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah untuk industri tahu. Penurunan konsentrasi BOD, nitrat dan fosfat dianalisis menggunakan uji Anova dengan uji F pada taraf kepercayaan 95%. penurunan BOD, nitrat dan fosfat dihitung menggunakan rumus, kemudian perubahan bobot dihitung dengan mengurangi bobot segar akhir dengan bobot segar awal.

$$P = \frac{C_t - C_o}{C_t} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Penurunan konsentrasi nitrat/fosfat/BOD₅ (%)

C_t : Konsentrasi akhir(mg/L)

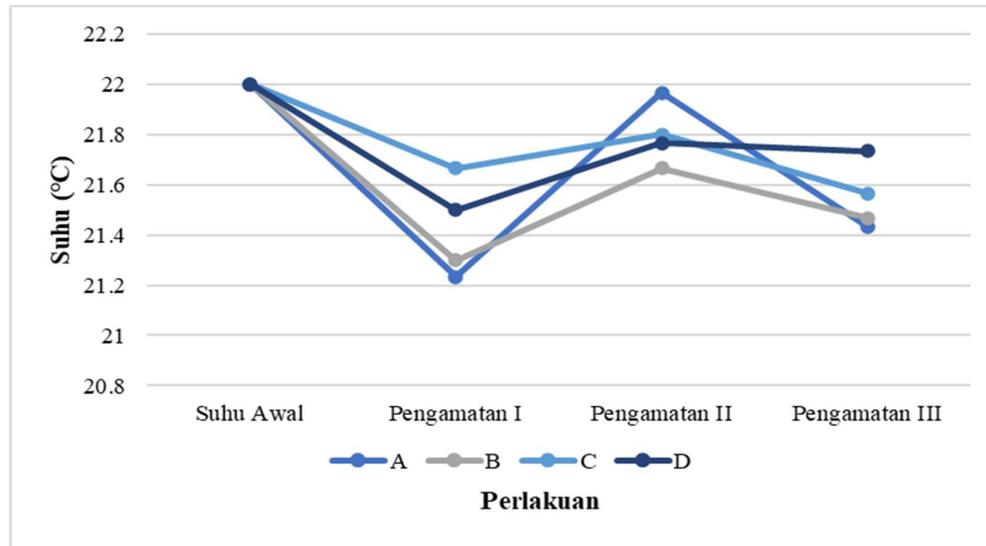
C_o : Konsentrasi awal (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Kualitas Air

Suhu

rata-rata suhu selama pengamatan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu besar pada setiap perlakuan. Suhu selama penelitian berkisar antara 21-22°C. Perubahan suhu pada air dapat disebabkan oleh kondisi cuaca yang memasuki musim hujan selama penelitian. Pada saat hujan turun, suhu perairan akan menurun disebabkan karena tidak adanya radiasi matahari dan menurunnya suhu udara. Hal tersebut menunjukkan cuaca juga berperan dalam memengaruhi suhu di perairan (Parker 2012). Rata rata suhu penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

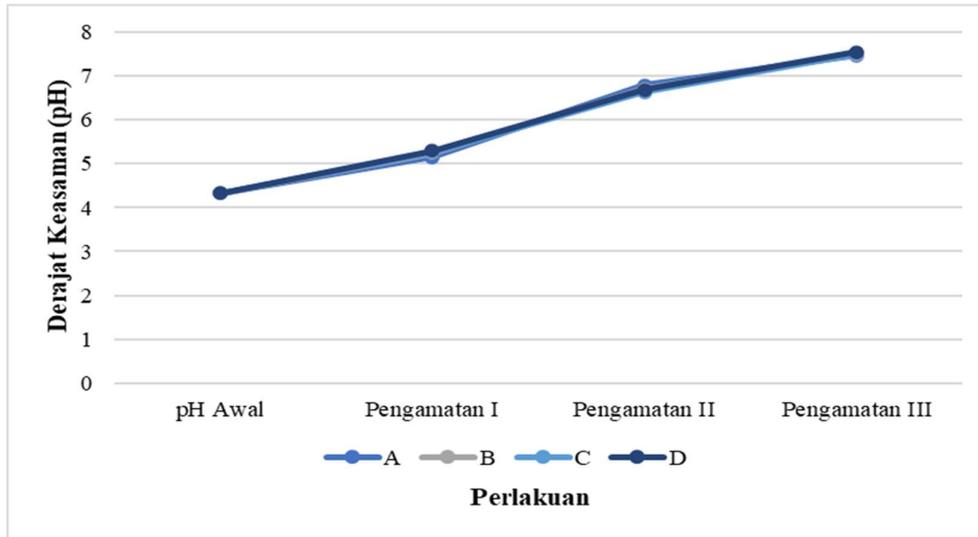


Gambar 1. Perubahan suhu selama penelitian.

Nilai suhu mengalami fluktuasi yang tidak terlalu besar selama pengamatan. Suhu 22°C - 25°C adalah suhu normal perairan yang memungkinkan berlangsungnya kehidupan secara normal di dalamnya (Sugiharto, 2008). kisaran optimal suhu untuk pertumbuhan *Azolla microphylla* yaitu berkisar antara 19°C - 22°C (Surdina *et al.*, 2016). Kisaran suhu 21°C - 22°C merupakan rentang suhu yang memungkinkan untuk tanaman *Azolla microphylla* dapat hidup dan tumbuh sehingga memungkinkan terjadinya penyerapan unsur hara untuk digunakan dalam proses fotosintesis bagi tumbuhan.

Derajat Keasaman (pH)

Nilai rata-rata pH limbah cair tahu selama penelitian berkisar antara 5,15 – 7,54 selama penelitian. nilai pH mengalami peningkatan pada setiap pengamatan. Nilai pH limbah cair tahu pada hari ke-0 setelah pengenceran adalah 4,33. Nilai pH tersebut belum sesuai dengan baku mutu limbah cair olahan kedelai pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 yaitu rentang pH 6 - 9. Hal tersebut menunjukkan limbah cair tersebut dapat menyebabkan pencemaran dan tidak memenuhi syarat baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pengolahan kedelai. Nilai rata-rata pH selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

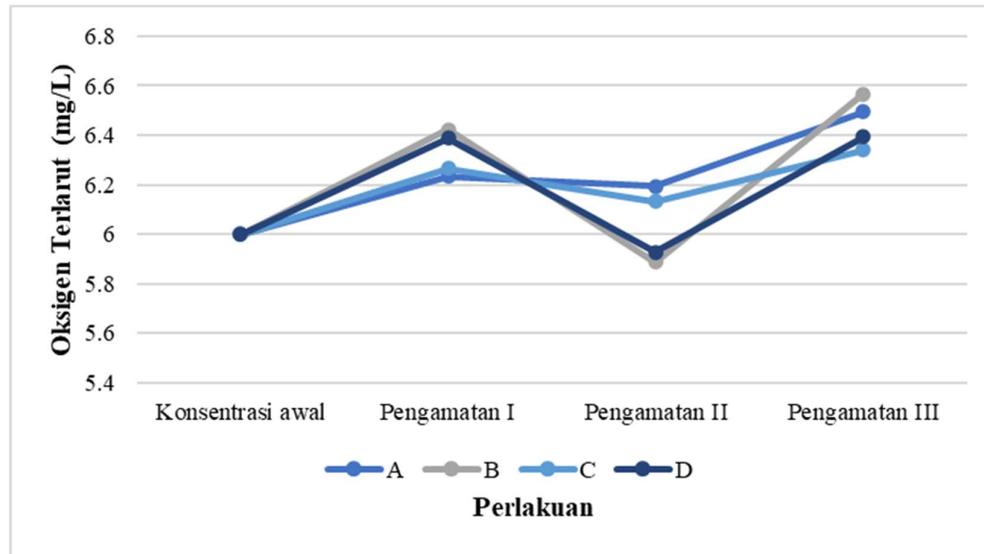


Gambar 2. Perubahan derajat keasaman (pH) selama penelitian.

Nilai pH pada akhir pengamatan berkisar antara 7,47 – 7,54. Nilai pH tersebut sudah sesuai dengan baku mutu limbah cair usaha atau olahan kedelai dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2014 yaitu nilai pH 6-9. Perairan yang mempunyai nilai pH pada kisaran 6 - 9 mengandung bahan beracun yang sangat kecil dan pada kisaran pH tersebut organisme bisa hidup secara optimal (Rahayu 2002).

Oksigen Terlarut (DO)

Konsentrasi oksigen terlarut selama 15 hari pengamatan berkisar antara 5,89 mg/L – 6,57 mg/L. Konsentrasi oksigen terlarut mengalami fluktuasi selama penelitian. Selama pengamatan konsentrasi oksigen terlarut mengalami peningkatan pada pengamatan hari ke-5, menurun pada hari ke-10 dan meningkat lagi pada hari ke 15. Konsentrasi oksigen terlarut selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan oksigen terlarut selama penelitian.

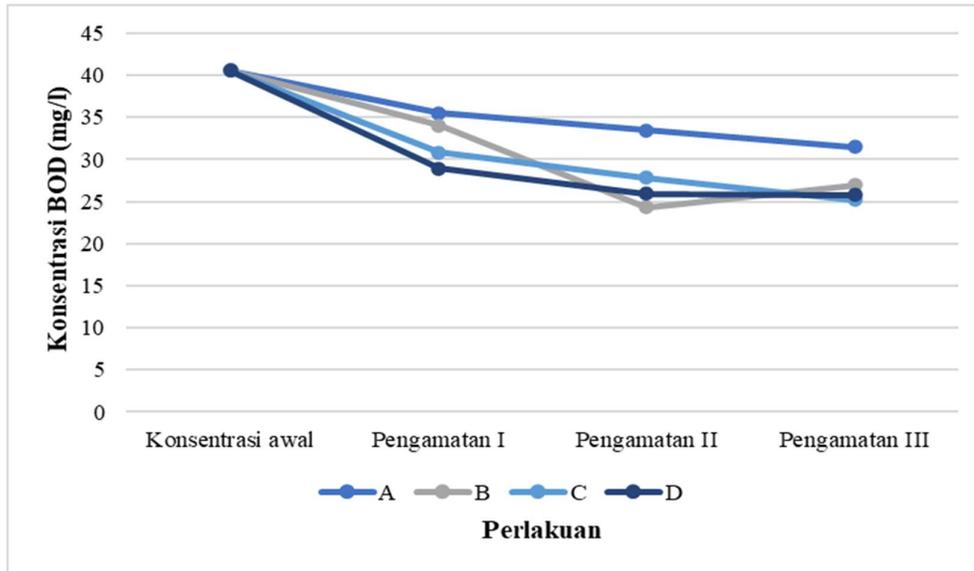
Oksigen terlarut yang meningkat dapat berasal dari difusi oksigen di udara. Pada posisi air diam, difusi oksigen dari udara ke dalam air dapat terjadi secara langsung. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut dapat terjadi karena aktivitas organisme dalam menguraikan bahan organik yang ada di perairan. Bahan organik akan mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme, oksigen yang berkurang di dalam air digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik (Effendi 2003).

Pada akhir pengamatan konsentrasi oksigen terlarut berada pada perlakuan B (penambahan *Azolla* sebanyak 250 gram/3L) dan yang paling rendah berada pada perlakuan C (penambahan

Azolla sebanyak 300 gram/3L). Secara keseluruhan nilai DO yang terukur pada akhir pengamatan sudah sesuai dengan baku mutu yang ada dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014, yaitu lebih dari 3 mg/L.

BOD

Rata-rata konsentrasi BOD berkisar antara 25,220–31,490 mg/L. Secara keseluruhan setiap perlakuan mampu menurunkan konsentrasi BOD hingga pengamatan hari ke-10 dengan nilai akhir penurunan konsentrasi BOD tertinggi berada pada perlakuan C (penambahan *Azolla* sebanyak 300 gram/3L) yaitu dari 40,540– 25,220 mg/L. Nilai rata-rata BOD selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan konsentrasi BOD (*biochemical oxygen demand*) selama penelitian

Penurunan konsentrasi BOD, disebabkan karena adanya tumbuhan yang menutupi permukaan air limbah. Tumbuhan yang ada dapat menyerap zat organik yang terdapat pada air limbah (Fachrurozi *et al.*, 2010). Penurunan konsentrasi BOD hingga akhir penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi BOD pada limbah cair tahu sudah memenuhi baku mutu limbah cair usaha tahu yang ada dalam Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 yaitu 150 mg/LL dengan beban pengolahan kedelai sebesar 3 kg/ton. Hasil uji statistik yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan A berbeda nyata dengan perlakuan B, C dan D. Besarnya penurunan konsentrasi BOD dan notasi uji statistik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penurunan konsentrasi BOD.

Perlakuan	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Penurunan BOD	Notasi
A	40,540 mg/L	31,490 mg/L	29%	a
B		26,960 mg/L	51%	b
C		25,220 mg/L	61%	b
D		25,810 mg/L	58%	b

Keterangan: huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Konsentrasi akhir yang didapatkan sudah memenuhi baku mutu limbah cair usaha tahu, tapi belum memenuhi baku mutu air kelas 3 yang dapat dialirkan ke badan air. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan tanaman *Azolla microphylla* dalam melakukan fitoremediasi

menurun karena umur dari tanaman azola yang didapatkan untuk penelitian berada pada kisaran umur 2 bulan. Umur yang optimal untuk tanaman *Azolla microphylla* dalam melakukan fitoremediasi biasanya berkisar antara

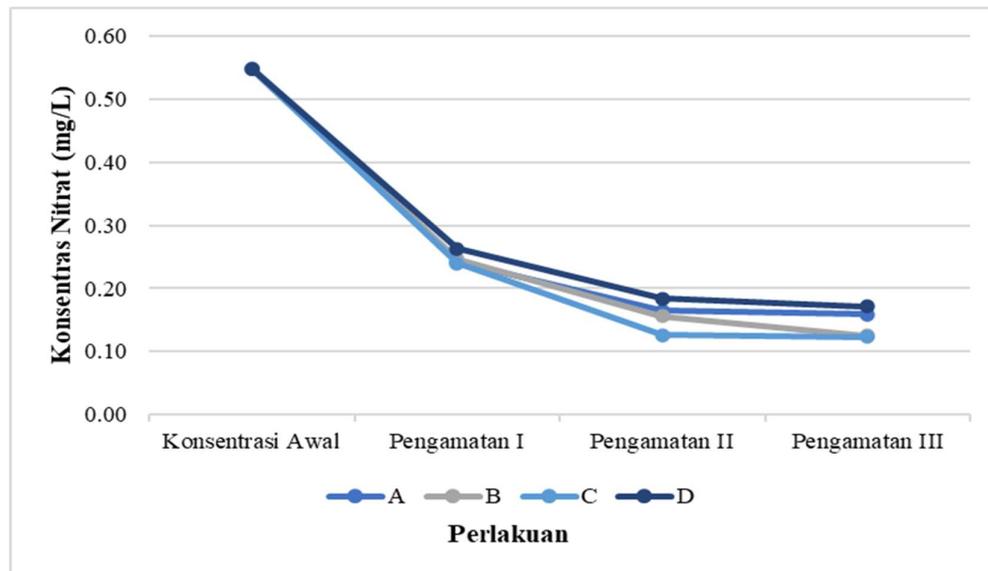
2-3 minggu setelah masa tanam (van Hove *et al.*, 1989).

Umur tanaman *Azolla* yang digunakan dalam penelitian kemungkinan sudah mengalami penurunan kemampuan dalam melakukan fitoremediasi sehingga tanaman mengalami kematian selama penelitian. Selain itu faktor kurang intensitas cahaya matahari dapat memengaruhi laju fotosintesis sehingga berpengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam proses fitoremediasi, mengingat lokasi penelitian berada di ruang limbah yang cukup tertutup dan

kurang menerima cahaya matahari dari luar.

Nitrat

Rata-rata penurunan konsentrasi nitrat berkisar antara 0,123mg/L 0,263 mg/L. Konsentrasi nitrat mengalami penurunan hingga pengamatan di hari terakhir penelitian. Penurunan paling tinggi terjadi pada pengamatan hari ke 5 kemudian penurunan pada pengamatan hari ke-10 dan 15 terjadi penurunan yang tidak terlalu besar. Nilai konsentrasi rata-rata nitrat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan konsentrasi nitrat selama penelitian.

Bahan organik mengalami penguraian menjadi nitrat sebagai hasil akhir dari proses nitrifikasi yang diserap banyak oleh tumbuhan akuatik pada awal penelitian (Indah *et al.*, 2014). Hal tersebut menyebabkan tumbuhan menyerap konsentrasi nitrat yang lebih tinggi pada pengamatan hari ke-5. Pada pengamatan hari ke 10-15 terjadi penurunan konsentrasi nitrat tapi tidak sebesar penurunan pada pengamatan di

hari ke-5. Hal ini dapat terjadi karena kematian yang dialami oleh tanaman *Azolla microphylla* sehingga penyerapan nitrat di air kurang efektif. semakin tinggi bobot tumbuhan air, penyerapan nitrat oleh akar tumbuhan air akan semakin tinggi sehingga konsentrasi nitrat akan menurun (Saputra *et al.*, 2016).

Azolla dapat menurunkan konsentrasi nitrat paling tinggi hingga 77,49%

(0,123 mg/L) pada perlakuan C (penambahan Azolla sebanyak 300 gram/3L) yang merupakan penurunan paling tinggi sedangkan penurunan paling rendah berada pada perlakuan D (penambahan Azolla sebanyak 350 gram/3L) sebesar 68,73% (0,171 mg/L). Konsentrasi akhir nitrat yang

diperoleh berkisar antara 0,123 mg/L – 0,171 mg/L. Berdasarkan PP No.22 Tahun 2021, konsentrasi yang diperoleh masih berada di bawah baku mutu air kelas 3 dalam PP No.22 Tahun 2021 yaitu sebesar 20 mg/L. Penurunan konsentrasi nitrat pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penurunan konsentrasi nitrat.

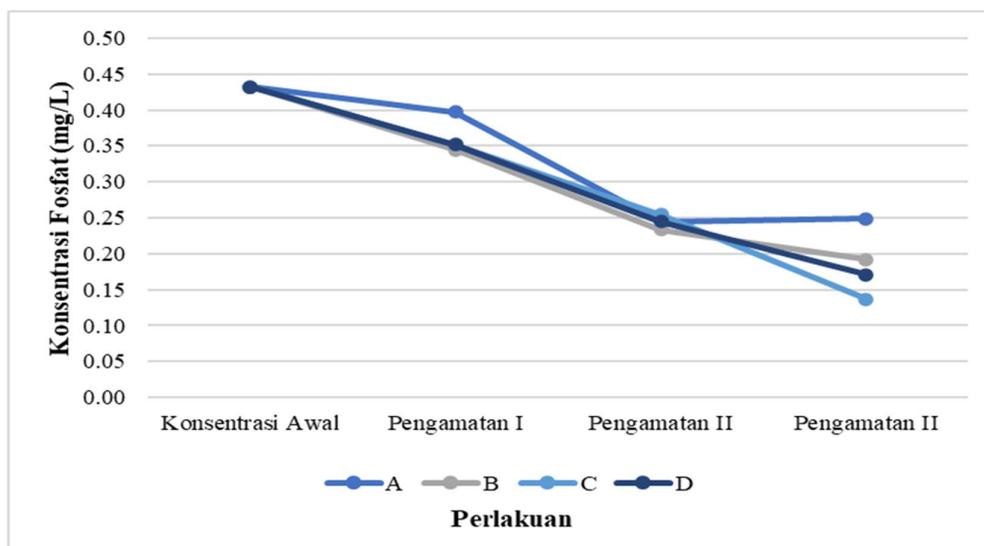
Perlakuan	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Penurunan Nitrat	Notasi
A		0,159 mg/L	71,05%	a
B	0,548 mg/L	0,125 mg/L	77,13%	b
C		0,123 mg/L	77,49%	b
D		0,171 mg/L	68,73%	a

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji statistik menunjukkan perlakuan A (tanpa penambahan Azolla) dan D (350 gram) Berbeda nyata dengan perlakuan B (205 gram) dan C (300 gram). Berdasarkan hasil tersebut penurunan konsentrasi nitrat akan semakin besar seiring dengan penambahan biomassa yang digunakan namun pada batas tertentu akan menghambat perubahan *Azolla microphylla* yang berpengaruh ke daya serapnya terhadap konsentrasi nitrat.

Fosfat

Rata-rata konsentrasi fosfat yang selama pengamatan berkisar antara

0,136 mg/L – 0,397 mg/L. Konsentrasi fosfat pada setiap pengamatan di semua perlakuan mengalami penurunan kecuali pada perlakuan A yang mengalami sedikit peningkatan pada pengamatan di hari ke 15. Konsentrasi fosfat paling rendah berada selama pengamatan berada di perlakuan C (penambahan Azolla sebanyak 300 gram/3L) sebesar 0,136 mg/L sedangkan konsentrasi tertinggi berada pada perlakuan A (tidak ada penambahan Azolla) sebesar 0,249 mg/L. Nilai konsentrasi rata rata fosfat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perubahan konsentrasi fosfat selama penelitian.

Pada pengamatan hari ke 6 - 15, kondisi tanaman *Azolla* di setiap perlakuan mengalami penurunan yang ditandai dengan kematian pada tanaman yang menyebabkan lendir di permukaan sekitar tanaman. Kematian pada tanaman ini mengakibatkan penyerapan fosfat terganggu sehingga nilai penurunan yang dihasilkan tidak begitu besar. penurunan fosfat disebabkan oleh intensitas cahaya tinggi yang memenga-

ruhi proses fotosintesis sehingga tanaman memanfaatkan fosfat secara langsung dalam bentuk fosfor (Romimohtarto *et al.*, 2005). Konsentrasi fosfat yang menurun terjadi karena ortofosfat dimanfaatkan oleh organisme akuatik seperti fitoplankton dan *Azolla microphylla* sebagai sumber nutrisi. Penurunan konsentrasi fosfat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penurunan konsentrasi fosfat.

Perlakuan	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Penurunan Fosfat	Notasi
A		0,249 mg/L	42,44%	a
B	0,432 mg/L	0,192 mg/L	55,63%	b
C		0,136 mg/L	68,44%	b
D		0,171 mg/L	60,49%	b

Berdasarkan hasil uji statistik, perlakuan A berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, perlakuan A memberikan penurunan fosfat lebih kecil daripada perlakuan B, C dan D, yang merupakan perlakuan dengan penambahan *Azolla*.

Konsentrasi akhir fosfat pada setiap perlakuan berkisar antara 0,171–0,249

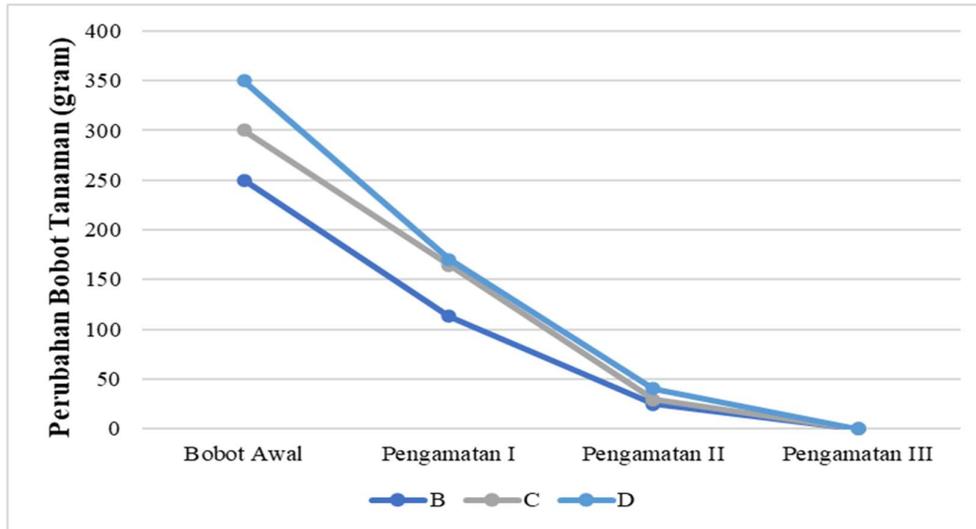
mg/L. Berdasarkan PP No.22 Tahun 2021, konsentrasi fosfat yang diperoleh berada di bawah baku mutu air kelas 3 yang ada dalam PP No. 22 Tahun 2021 yaitu sebesar 1,0 mg/L.

Penurunan Bobot

Bobot tanaman selama pengamatan tidak mengalami peningkatan pada semua perlakuan karena tanaman terus

mengalami penurunan bobot. bobot tanaman selama penelitian mengalami penurunan yang diakibatkan karena kematian tanaman yang ditandai dengan tanaman yang menjadi layu yang ditunjukkan dengan timbulnya lendir dan perubahan warna menjadi

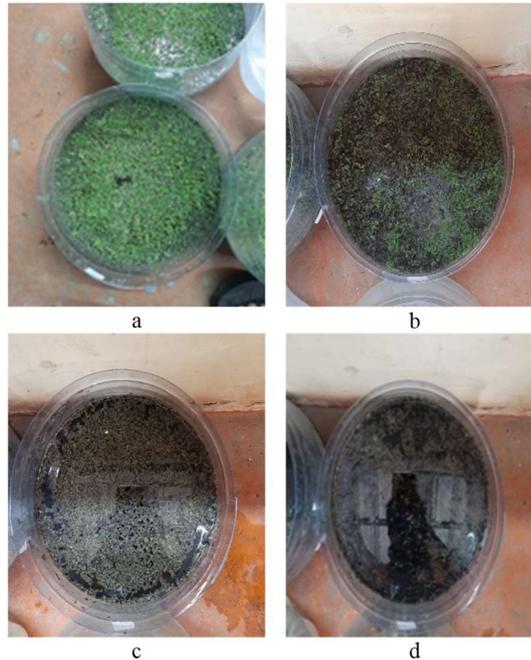
kehitaman pada tanaman di pengamatan di hari ke-6 - 10. Tanaman terus mengalami kematian hingga hari ke-15 penelitian. Perubahan bobot tanaman selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perubahan bobot tanaman selama penelitian.

Kematian pada tanaman selama penelitian menyebabkan bobot tanaman pada setiap pengamatan mengalami penurunan hingga mati semua. Hal ini terjadi karena intensitas cahaya yang diterima tumbuhan tidak mencukupi kebutuhan untuk melakukan proses fotosintesis. Menurut Parson dan

Chapman (2000), tumbuhan yang memperoleh masa penyinaran yang pendek dan intensitas cahaya yang rendah, akan menyebabkan suplai dari hasil fotosintesis berkurang. Kondisi tanaman selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi tanaman pada awal penelitian sampai hari ke-5 (a), setelah hari ke-5 sampai hari ke-10 (b), setelah hari ke-10 sampai hari ke-14 (c), akhir penelitian (d).

Selain karena intensitas cahaya matahari, penurunan bobot yang terjadi hingga akhir pengamatan dapat terjadi karena populasi yang terlalu padat dan wadah yang kurang besar sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Jumlah populasi yang terlalu padat akan menyebabkan penurunan produktivitas walaupun jumlah tumbuhan yang banyak, tetapi sangat rentan terhadap kematian akibat penyakit, virus dan hama. Hal ini mengakibatkan ketersediaan oksigen semakin sedikit sehingga menyebabkan kematian pada tumbuhan tersebut (Akbar *et al.*, 2011).

KESIMPULAN

1. Penambahan tanaman *Azolla microphylla* sebanyak 300 gram/3L merupakan biomassa

terbaik dengan penurunan BOD dari konsentrasi awal 40,54 mg/L menjadi 25,22 mg/L (61%), nitrat dari konsentrasi awal 0,548 mg/L menjadi 0,123 mg/L (77,49%) dan fosfat dari konsentrasi awal 0,432 menjadi 0,136 mg/L (68,44%).

2. Penambahan tanaman *Azolla microphylla* pada proses fitoremediasi dapat memberikan peningkatan paling tinggi pada parameter pH dari 4,33 menjadi 7,54 pada penambahan *Azolla* sebanyak 350 gram/3 liter dan DO dari 6,0 mg/L menjadi 6,57 mg/L penambahan *Azolla* sebanyak 300 gram/3 liter.

PUSTAKA

- Akbar, B. (2011). *Pengaruh Kerapatan Terhadap Pertumbuhan dan*

- Produktivitas Tanaman Tembakau (Nicotiana tabacum) Varietas Serumpung dan Semboja.* (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh November. Jawa Timur.
- Aslam, A. F. (2017). *Fitoremediasi Air Limbah Tahu dengan Media Enceng Gondok (Eichornia crassipes) pada Reaktor Paralel.* (Skripsi). Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Chrismada, T. & Y. Mardiaty. (2011). Uji tumbuh lemna (*Lemna perpusilla Torr*) dan penyerapan unsur hara dalam media air Waduk Saguling. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi Indonsia*, 38(33), 369–376.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan.* Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Fachrurrozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). Pengaruh variasi biomassa *Pistia stratiotes* L. terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal KES MAS UAD*, 4(1), 1–16.
- Handayani, T. W. (2021). Analisis pola kampung sentra tahu cibuntu, Bandung. *Jurnal Arsitektur Archicentre Universitas Faletahan*, 4(2), 68–78.
- Lestari, R. A. M. A. (2018). Dilema pengelolaan lingkungan pada sentra industri tahu cibuntu, Kelurahan Babakan, Kecamatan Babakan, Ciparay, Kota Bandung. *Jurnal Envirosan*, 1(2004), 38–45.
- Novita, F. B. (2009). Pengaruh Frekuensi dan Konsentrasi Penyiraman Air Limbah Pembuatan Tahu terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). (Skripsi). Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- Parker R. (2012). *Aquaculture Science.* Delmar. New York.
- Parsons, A. J., & Chapman, D.F. (2000). The principles of pasture growth and utilization. Dalam Hopkins, A. (Ed.). *Grass its Production and Utilization Ed 3rd.* Blackwell Science Institute of Grassland and Environment Research, North Wyke, Okehampton Devon.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2005). *Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut.* Djambatan. Jakarta.
- Rossiana, N. (2006). Uji toksisitas limbah cair tahu sumedang terhadap reproduksi *Daphnia carinata* King. *Jurnal Biologi*, 1–19.
- 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.
- Saputra, A. D., Haerudin, & N. Widyorini. (2016). Efektivitas kombinasi mikroorganisme dan tumbuhan air *Lemna minnor* sebagai bioremediator dalam mereduksi senyawa amoniak, nitrit, dan nitrat pada limbah pencucian ikan. *Journal of Maquares*, 5(3): 80-90.
- Silviana, L., & Rachmadiarti, F. 2023. Fitoremediasi fosfat dari detergen sintetis dengan menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*. *AL-KAUNIYAH:*

- Journal of Biology*, 12(1), 281–289.
- Sood, A., Uniyal, P. L., Prasanna, R., & Ahluwalia, A. S. (2012). Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, *Azolla*. *Ambio*, 41(2), 122–137.
- Sunarsih, L. E. (2018). *Penanggulangan Limbah*. Deepublish.
- Surdina, E., El-Rahimi, S. A., & Hasri, I. (2016). Pertumbuhan *Azolla microphylla* dengan kombinasi pupuk kotoran ternak. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 1(3), 298–306.
- Unisah, S., & Akbari, T. 2020. Pengolahan limbah cair tahu dengan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* pada Industri Tahu B Kota Serang. *Jurnal Lingkungan dan Sipil*, 3(2), 73–86.
- van Hove, C. (1989). *Azolla and Its Multiple Uses with Emphasis on Africa*. Food and Agriculture Organization.
- Wati, D. S., Suwerda, B., & Narto. (2011). Pengolahan fitoremediasi dengan kayu apu air (*Azolla microphylla*) untuk menurunkan kadar BOD dan TSS limbah cair rumah makan. *Sanitasi, Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(2), 70–78.
- Kontribusi Penulis:** Fahriansyah, R., Hasan, Z., Rochima, E., Arief, M. C. W.: mengambil data lapangan, analisis data, menulis manuskrip.