



Pengaruh Tumbuhan Air Genjer (*Limnocharis flava* L.), Mata Lele (*Lemna minor* L.) Dan Paku Air (*Azolla pinnata* R.Br.) Serta Bobot Biomassa Terhadap Kualitas Limbah Cair Tahu

Safira Parwati*¹, Nurhayati¹, Muhammad Hendri¹

¹ Program Studi Pengelolaan Lingkungan Program Pasca Sarjana
Universitas Sriwijaya, Palembang Sumatera Selatan (30139), Indonesia

*E-mail: safiraparwati98@gmail.com

Korespondensi : safiraparwati98@gmail.com

HP : 081388369930

Diterima: 18 April 2025 – Disetujui: 12 Mei 2025 – Dipublikasi: 31 Mei 2025

ABSTRACT

Most tofu processing industries are home-based with limited capital and facilities, often generating liquid waste containing organic and inorganic compounds that increase BOD, COD, TSS, and reduce dissolved oxygen levels, negatively impacting the environment. Phytoremediation using aquatic plants is an alternative method for treating tofu wastewater. The biomass of aquatic plants is directly related to their ability to absorb pollutants. In this study, three aquatic plants—Genjer (*Limnocharis flava* L.), Duckweed (*Lemna minor* L.), and Azolla (*Azolla pinnata* R.Br.)—were used at different weights to evaluate their effectiveness in reducing COD, BOD, TSS, and ammonia levels in tofu wastewater. The aims of this research are: (1) to obtain the best plant types and weights in reducing pollutant parameters, and (2) to obtain the most effective interaction between plant types and weights. A factorial randomized block design was used with two factors: plant combination (T1–T7) and plant weight (0.1 kg, 0.2 kg, and 0.3 kg). A clean water control with plants was also included. Each treatment was replicated three times. Water quality parameters (BOD, COD, TSS, and ammonia) were measured weekly on days 7, 14, 21, and 28. The results indicate that Genjer (T1) and the combination of Genjer and Mata Lele (T4) were effective in reducing COD, BOD, and TSS levels, while T4 and Mata Lele (T2) were more effective in reducing ammonia concentrations. Lower plant weights (0.1 kg and 0.2 kg) were better for reducing COD, BOD, and TSS, whereas 0.3 kg was more effective for ammonia reduction.

Keywords: Genjer, Duckweed, Azolla, Biomass weight, Tofu wastewater quality

ABSTRAK

Sebagian besar industri pengolahan tahu berskala rumah tangga dengan keterbatasan modal dan fasilitas, sehingga menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa organik dan anorganik yang meningkatkan BOD, COD, TSS, serta menurunkan kadar oksigen terlarut, yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Fitoremediasi menggunakan tumbuhan air merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah cair tahu. Biomassa tumbuhan air berhubungan langsung dengan kemampuannya menyerap polutan. Penelitian ini menggunakan tiga jenis tumbuhan air, yaitu genjer (*Limnocharis flava* L.), mata lele (*Lemna minor* L.), dan paku air (*Azolla pinnata* R.Br.) dengan variasi bobot untuk mengetahui efektivitasnya dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS, dan amoniak pada limbah cair tahu. Tujuan penelitian ini adalah: (1) mendapatkan jenis tumbuhan dan bobot terbaik dalam menurunkan parameter pencemar, dan (2) mendapatkan interaksi antara jenis tumbuhan dan bobot yang paling efektif. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan dua faktor: jenis tumbuhan (T1–T7) dan bobot tumbuhan (0,1 kg, 0,2 kg, dan 0,3 kg), serta kontrol air bersih. Setiap perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan dilakukan setiap minggu pada hari ke-7, 14, 21, dan 28. Hasil menunjukkan bahwa genjer (T1) dan kombinasi genjer + mata lele (T4) efektif menurunkan COD, BOD dan TSS, sedangkan T4 dan mata lele (T2) lebih efektif menurunkan amoniak. Bobot 0,1 kg dan 0,2 kg lebih efektif menurunkan COD, BOD, dan TSS, sedangkan bobot 0,3 kg efektif untuk amoniak.

Kata kunci: Genjer, mata lele, paku air, bobot biomassa, kualitas air limbah tahu

PENDAHULUAN

Industri tahu di Indonesia umumnya beroperasi dalam skala kecil dengan modal terbatas. Banyak industri tahu yang tidak memiliki fasilitas pengolahan limbah karena keterbatasan dana, sehingga air limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke saluran air atau badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan penelitian Ruhmawati et al., (2017), air limbah yang dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu memiliki volume yang cukup besar. Limbah cair dari pembuatan tahu mengandung bahan organik dan anorganik seperti protein, karbohidrat, lemak, dan amonia. Kehadiran bahan-bahan organik ini dapat meningkatkan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), serta menurunkan kandungan oksigen terlarut di air.

Fachrurozi et al., (2010) mengemukakan bahwa limbah cair tahu mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat terurai dengan cepat. Hal ini disebabkan oleh mikroorganisme yang mengonsumsi oksigen untuk mengurai bahan organik dalam limbah, menghasilkan senyawa yang mudah menguap dan menyebabkan bau busuk. Raihana et al., (2023) mengungkapkan bahwa limbah tahu tidak hanya mengganggu pernapasan, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan lainnya, karena masyarakat yang menggunakan air dari sungai yang tercemar bisa mengalami masalah kulit. Salah satu alternatif pengolahan yang murah dan efektif adalah menggunakan metode fitoremediasi, yang memanfaatkan tumbuhan air. Menurut Dewi & Akbari, (2020), fitoremediasi merupakan proses di mana tumbuhan tertentu bekerja sama dengan mikroorganisme untuk mengubah zat pencemar menjadi bahan yang lebih aman. Tumbuhan air memiliki kemampuan untuk menyerap bahan pencemar dalam air limbah dan mengubahnya menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Penelitian sebelumnya oleh Thuraidah et al., (2016) menunjukkan bahwa limbah karet yang memiliki kadar BOD awal sebesar 299,5 mg/l mengalami penurunan kadar BOD setelah diberi perlakuan menggunakan *Limnocharis flava*, dengan variasi rumpun yang berbeda.

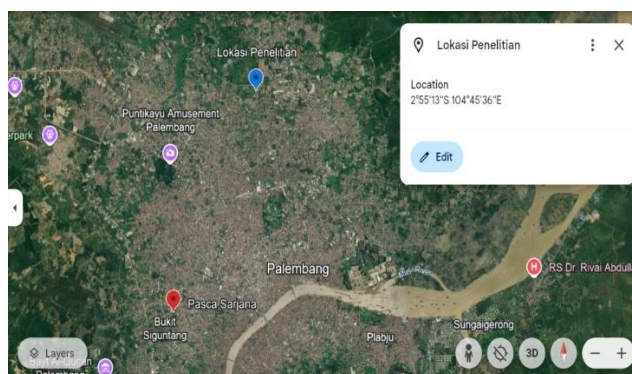
Penelitian yang dilakukan oleh Kholisah et al., (2022) dengan menggunakan *Azolla pinnata* sebagai fitoremediator pada limbah cair industri sohun menunjukkan hasil yang menggembirakan. Sebelum perlakuan, kadar COD rata-rata air limbah mencapai 340,66 mg/L. Setelah 7 hari perlakuan dengan variasi biomassa tanaman, terjadi penurunan kadar COD, dengan biomassa 0,1 kg, efisiensinya adalah 7,58%, dengan 0,15 kg biomassa, penurunan mencapai 15,20%, dan dengan 0,2 kg biomassa, penurunan kadar COD tertinggi mencapai 48,27%. Penurunan kadar COD paling besar terjadi pada kelompok dengan biomassa 0,2 kg.

Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini akan menggunakan tanaman air genjer (*Limnocharis flava*), mata lele (*Lemna minor*), dan paku air (*Azolla pinnata*) sebagai fitoremediator untuk mengolah limbah dari industri tahu. Sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah untuk Pengolahan Tahu, kadar BOD limbah tahu seharusnya tidak melebihi 150 mg/L dengan beban 3 kg/ton bahan baku, kadar COD tidak lebih dari 300 mg/L dengan beban 6 kg/ton, dan kadar TSS tidak lebih dari 200 mg/L dengan beban 4 kg/ton bahan baku. Oleh karena itu, penggunaan metode fitoremediasi dengan tumbuhan air ini diharapkan dapat mengurangi konsentrasi BOD, COD, TSS, dan amoniak (NH_4^+) dalam air limbah tahu, sehingga limbah yang dihasilkan dapat lebih aman dan tidak membahayakan lingkungan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah : 1) mendapatkan jenis tumbuhan dan bobot terbaik dalam menurunkan parameter pencemar, dan 2) mendapatkan interaksi antara jenis tumbuhan dan bobot yang paling efektif.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian dilakukan di Kelurahan Sukamaju Kecamatan Sako Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Waktu penelitian dilakukan bulan November 2024 sampai dengan Januari 2025. Pengambilan air limbah tahu di Jalan Puding Kecamatan Ilir Timur 1 Kota Palembang. Pemeriksaan kadar BOD, COD, TSS, amoniak dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Sumatera Selatan. Pengukuran berat basah dan berat kering dilakukan di Laboratorium Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Sumatera Selatan.



Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium foil, batang pengaduk, beker glass, botol, corong, ember, erlenmeyer, gelas ukur, jerigen, kertas saring, kertas label, perlengkapan alat tulis, dan timbangan digital. Bahan yang diperlukan adalah air bersih, asam sulfat, aquades, kalium dikromat, larutan 1 mL alkil azida, perak sulfat, mercury sulfat, ferro amonium sulfat, dan indikator ferroin, tumbuhan genjer (*Limnocharis flava* L.), mata lele (*Lemna minor* L.) dan paku air (*Azolla pinnata* R.Br.) serta limbah cair tahu.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF). Faktor pertama yakni kombinasi jenis tumbuhan air terdiri genjer (*Limnocharis flava* L.) (T₁), mata lele (*Lemna minor* L.) (T₂), paku air (*Azolla pinnata* R.Br.) (T₃), genjer (*Limnocharis flava* L.) + mata lele (*Lemna minor* L.) (T₄), genjer (*Limnocharis flava* L.) + paku air (*Azolla pinnata* R.Br.) (T₅), mata lele (*Lemna minor* L.) + paku air (*Azolla pinnata* R.Br.) (T₆), dan genjer (*Limnocharis flava* L.) + mata lele (*Lemna minor* L.) + paku air (*Azolla pinnata* R.Br.) (T₇). Faktor kedua yakni bobot tumbuhan air terdiri 0,1 kg (B₁), 0,2 kg (B₂) dan 0,3 kg (B₃). Pembanding yakni air bersih dengan tumbuhan. Perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Parameter yang diamati yaitu BOD, COD, TSS, amoniak (NH₄⁺). Pengamatan dilakukan setiap 1 minggu setelah ditanam pada hari ke-7, 14, 21 dan 28.

Cara Kerja

Aklimatisasi Tumbuhan

Ketiga jenis tumbuhan air dibersihkan dari kotoran yang melekat menggunakan air. Tumbuhan yang digunakan ditimbang dengan berat masing-masing adalah 0,1 kg, 0,2 kg dan 0,3 kg. Tahap aklimatisasi dilakukan dengan memasukkan tumbuhan genjer, mata lele dan paku air pada ember berukuran 13 L yang berisi air sumur selama 7 hari.

Uji Karakteristik Awal Limbah Cair Tahu

Karakteristik awal air limbah tahu sebelum dikontakkan dengan tumbuhan genjer, mata lele dan paku air. Air limbah tahu yang telah diambil sebanyak 1 L dituangkan kedalam botol. Selanjutnya, dilakukan pengukuran kadar BOD, COD, TSS, amoniak dan pH dilakukan dilaboratorium.

Proses Uji Fitoremediasi

Dilakukan pengenceran limbah tahu terlebih dahulu dengan perbandingan 1 liter limbah : 10 liter air. Tumbuhan genjer, mata lele dan paku air dimasukkan kedalam masing-masing ember berukuran 10 L yang berisi air limbah tahu. Larutan tersebut selanjutnya dituangkan kedalam botol 1 L dan dilakukan pengukuran kadar BOD, COD, TSS, amoniak, pada waktu (hari ke-7, 14, 21 dan 28).

Menghitung Persentase Efisiensi

Persentase efisiensi yang berfungsi untuk mengetahui efisiensi unit dalam mendegradasi zat pencemar. Rumus perhitungan persentase efisiensi menurut Novita et al., (2019) sebagai berikut:

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

Keterangan:

Eff (%) = Efisiensi

Nilai awal = Nilai parameter sebelum perlakuan

Nilai akhir = Nilai parameter setelah perlakuan

Analisis Data

Data hasil pengukuran BOD, COD, TSS dan amoniak dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5 % menggunakan *software* SPSS 20 (Safitri & Setyawati, 2019).

Hasil dan Pembahasan

Kadar COD

Berdasarkan hasil sidik ragam bahwa kadar COD, BOD, TSS, amoniak dan bobot tumbuhan air serta interaksinya menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan lain selama periode pengamatan, yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari (Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1. Rerata COD (mg/L) berdasarkan jenis dan bobot tumbuhan air terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air	Waktu pengamatan			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
T1	302,66 a	640,67 b	106,30 a	72,40a
T2	439,33 a	316,67 a	540,33 bc	162,23d
T3	811,66 b	571,00 b	731,67 c	142,57cd
T4	219,33 a	231,33 a	310,11 ab	115,90b
T5	442,33 a	295,67 a	720,67 c	164,55d
T6	994,66 b	572,33 b	1293,67 d	145,77cd
T7	487,33 a	276,33 a	1808,33 e	132,23bc
Bobot (kg)				
B1 (0,1 kg)	339,36 a	297,14 a	733,89a	119,07a
B2 (0,2 kg)	637,71 b	332,14 a	733,28a	118,46a
B3 (0,3 kg)	620,90 b	631,20 b	902,75a	165,68b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Dari data yang tertera pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa ada perubahan nyata dalam kadar COD pada perlakuan tumbuhan air maupun perlakuan bobotnya yang diuji selama periode pengamatan 28 hari. Tumbuhan T1 menunjukkan penurunan yang nyata pada kadar COD, dengan nilai 302,66 mg/L pada 7 hari, kemudian mengalami peningkatan pada waktu 14 hari (640,67 mg/L), waktu pengamatan 21 hari terjadi penurunan 106,30 mg/L, dan mencapai nilai terendah pada 28 hari yaitu 72,40 mg/L.

Pada akhir pengamatan pada hari ke-28, perlakuan tumbuhan air dan perlakuan bobot menunjukkan penurunan kadar COD dimana tumbuhan air T1 berbeda nyata dengan tumbuhan air lainnya, memperlihatkan kadar COD paling rendah (72,40 mg/L), menunjukkan bahwa tumbuhan ini sangat efisien dalam menyerap atau mengurangi bahan organik setelah 28 hari pengamatan. Kadar COD meningkat pada hari ke 14 akibat dari adanya penumpukan bahan organik yang mempengaruhi kemampuan tumbuhan tersebut dalam mengolah air limbah tahu. Arifah et al., (2023) menjelaskan bahwa kondisi tersebut kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kemampuan tumbuhan yang telah mencapai titik maksimum dalam menyerap dan mengolah zat pencemar. Ketika hal ini terjadi, tumbuhan tidak lagi bekerja secara optimal, yang berpotensi menyebabkan kematian tanaman dan peningkatan kadar COD dalam air limbah.

Nurliansyah et al., (2016) menyatakan bahwa tanaman genjer memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar bahan organik seperti BOD dan COD pada limbah cair tahu disebabkan oleh adanya proses dekomposisi oleh bakteri anaerob. Penurunan kadar COD yang terjadi pada hari ke-28 pada beberapa tumbuhan air menandakan bahwa pada akhir pengamatan, tumbuhan air berhasil menurunkan konsentrasi COD dalam air limbah tahu. Perbedaan yang nyata antar tumbuhan pada hari ke-28 menggambarkan bahwa tumbuhan air memiliki kemampuan yang berbeda dalam mereduksi kadar COD. Tumbuhan air T1 dapat menyerap nitrogen, fosfor, dan unsur lainnya yang ada dalam air limbah tahu, yang membantu menurunkan COD dan BOD. Amalia et al. (2023) dalam Rambe et al., (2024) menyatakan bahwa genjer mampu menurunkan parameter pencemar lainnya, seperti BOD, COD, DO, TSS, sulfat, dan fosfat.

Perlakuan bobot yang rendah yaitu B1 (0,1 kg dan B2 (0,2 kg) tidak berbeda nyata dalam menurunkan kadar COD masing-masing 119,07 mg/L dan 118,46 mg/L. Bobot tumbuhan yang lebih besar mungkin berhubungan dengan kemampuan tumbuhan untuk menyerap lebih banyak bahan organik, namun tidak selalu berkorelasi langsung dengan penurunan kadar COD (Rachman et al., 2023). Tabel 2. Interaksi jenis dengan bobot tumbuhan air dan efektivitas kadar COD (%) terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air dengan Bobot	Waktu pengamatan				Kontrol air sumur	Baku Mutu
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari		
T1B1	287,00 f (90,92%)	340,00 i (89,24%)	78,90 a (97,50%)	68,80 a (97,82%)	18,1	300 mg/L
T1B2	340,00 g (89,24%)	346,00 i (89,05%)	116,00 b (96,33%)	72,50 b (97,70%)	19,7	
T1B3	281,00 f (91,11%)	1236,00 l (60,91%)	124,00 c (96,07%)	75,90 c (97,59%)	39,2	
T2B1	217,00 c (93,13%)	276,00 cd (91,27%)	347,00 h (89,02%)	164,00 i (94,81%)	40,1	
T2B2	891,00 h (71,82%)	338,00 hi (89,31%)	276,00 f (91,27%)	84,70 def (97,32%)	42,6	
T2B3	210,00 bc (93,35%)	336,00 hi (89,37%)	998,00 k (68,43%)	238,00 l (92,47%)	50,2	
T3B1	198,00 a (93,73%)	341,00 i (89,21%)	249,00 e (92,12%)	84,10 de (97,34%)	18,9	
T3B2	896,00 h	296,00 f	274,00 f	86,60 ef	38,2	

	(71,66%)	(90,63%)	(91,33%)	(97,26%)	
T3B3	1341,00 j	1076,00 j	1672,00 m	257,00 m	52,2
	(57,59%)	(65,97%)	(47,12%)	(91,87%)	
T4B1	202,00 ab	287,00 def	349,00 h	85,60 def	39,1
	(93,61%)	(90,92%)	(88,96%)	(97,29%)	
T4B2	240,00 e	196,00 a	236,00 d	87,10 f	42,5
	(92,40%)	(93,80%)	(92,53%)	(97,24%)	
T4B3	216,00 c	211,00 b	345,33 h	175,00 j	19,3
	(93,16%)	(93,32%)	(89,07%)	(94,46%)	
T5B1	896,00 h	277,00 cde	370,00 i	153,00 g	18,9
	(71,66%)	(91,23%)	(88,29%)	(95,16%)	
T5B2	230,00 de	298,00 f	1401,00 l	166,00 i	18,1
	(92,72%)	(90,57%)	(55,69%)	(94,75%)	
T5B3	201,00 ab	312,00 g	391,00 j	174,66 j	51,3
	(93,64%)	(90,13%)	(87,63%)	(94,47%)	
T6B1	198,00 a	326,00 h	1712,00 n	180,00 k	45,7
	(93,73%)	(89,69%)	(45,85%)	(94,30%)	
T6B2	1426,00 l	290,00 ef	1829,00 q	174,00 j	52,1
	(54,90%)	(90,82%)	(42,15%)	(94,49%)	
T6B3	1360,00 k	1101,00 k	340,00 g	83,30 d	39,2
	(56,98%)	(65,18%)	(89,24%)	(97,36%)	
T7B1	221,00 cd	267,00 c	1826,00 q	84,70 def	19,2
(	(93,01%)	(91,55%)	(42,25%)	(97,32%)	
T7B2	215,00 c	281,00 de	1792,00 o	154,00 g	21,3
	(93,20%)	(91,11%)	(43,32%)	(95,12%)	
T7B3	1341,00 j	1076,00 j	1807,00 p	158,00 h	46,1
	(57,59%)	(65,97%)	(42,85%)	(95,00%)	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Tabel 2 menunjukkan interaksi antar perlakuan pada tumbuhan air dan bobot terhadap limbah cair tahu pada berbagai titik waktu pengamatan (7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari). Pada pengamatan 28 hari memperlihatkan penurunan kadar COD yang nyata dibandingkan pada waktu pengamatan sebelumnya. Tabel ini juga mencantumkan kadar COD pada kontrol air sumur sebagai pembanding, yang berfungsi untuk memberikan gambaran apakah tumbuhan air dapat lebih efektif dalam mengurangi kadar COD dibandingkan air sumur yang relatif bersih.

Kombinasi T1B1 (68,80 mg/L) menunjukkan kadar COD yang paling rendah pada waktu pengamatan ini dengan efektivitas penurunan nilai COD tertinggi yaitu (97,82%), yang berarti tumbuhan air T1 dengan bobot B1 sangat efisien dalam mengurangi kadar COD selama 28 hari. Kombinasi T2B2, T3B2, dan T5B1 juga menunjukkan penurunan yang nyata, sementara kombinasi T3B3 tetap tinggi pada 257,00 mg/L menunjukkan bahwa beberapa kombinasi tumbuhan dengan bobot tertentu memiliki daya serap yang terbatas atau terpengaruh oleh faktor-faktor lain. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semua perlakuan terhadap kadar COD telah memenuhi standar baku mutu air limbah tahu yaitu 300 mg/L sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan penurunan kadar COD, salah satunya adalah disebabkan oleh mikroorganisme yang terdapat pada akar tumbuhan dimana proses fitoremediasi mempunyai peranan penting dalam hal menyerap kandungan pencemar organik (As'ari et al., 2022).

Data kontrol air sumur diperoleh secara primer menjadi pembanding untuk kondisi awal air limbah, menunjukkan kadar COD yang sangat rendah antara 18,1 mg/L hingga 52,2 mg/L dibandingkan dengan kadar COD pada tumbuhan air. Hal ini membuktikan bahwa air sumur secara alami memiliki kadar COD yang rendah, sehingga perbandingan ini memperlihatkan dengan jelas efisiensi tumbuhan air dalam mengurangi kadar COD pada air limbah tahu. Sebagian besar kombinasi tumbuhan air dan bobot menunjukkan kadar COD yang jauh lebih tinggi daripada kontrol, yang menunjukkan bahwa meskipun

terjadi penurunan kadar COD pada air limbah, kadar COD tersebut masih cukup tinggi dibandingkan dengan air sumur yang bersih. Sesuai pernyataan oleh Esrahwati et al., (2025) mencatatkan bahwa kadar COD air limbah industri tahu sebelum perlakuan berkisar antara 1.600 mg/L hingga 2.240 mg/L, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kadar COD air sumur.

Secara umum, kombinasi bobot yang lebih besar (seperti B2 dan B3) sering kali menunjukkan kadar COD yang lebih tinggi pada beberapa waktu pengamatan, yang mengindikasikan bahwa bobot tumbuhan berhubungan dengan peningkatan akumulasi bahan organik dalam tubuh tumbuhan. Tumbuhan dengan bobot lebih besar cenderung lebih banyak menyerap bahan organik, tetapi mungkin juga lebih cepat mencapai titik jenuh dalam hal kapasitas penyerapannya. Oleh karena itu, meskipun bobot yang lebih besar memungkinkan tumbuhan untuk menyerap lebih banyak bahan organik, ada kemungkinan bahwa bobot yang lebih besar mengarah pada peningkatan kadar COD. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan (Fachrurrozi et al., 2010) memakai tanaman kayu apu dengan variasi berat tanaman dari 50 g sampai 250 g dengan waktu penanaman selama 7 hari dapat menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair tahu.

Kadar BOD

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa rata-rata kadar BOD pada 7 perlakuan tumbuhan air (T1 sampai T7), kadar BOD berdasarkan bobot tumbuhan (B1, B2, B3) dan interaksinya yang diuji pada empat waktu pengamatan (7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari) berbeda nyata antar perlakuan (Tabel 3 dan Tabel 4).

Tabel 3. Rerata kadar BOD (mg/L) pada tumbuhan air dan bobot terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air	Waktu pengamatan			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
T1	76,40 b	89,87 c	39,37 a	28,73 a
T2	68,20 ab	72,10 b	93,60 ab	60,43 d
T3	103,93 c	87,90 c	154,90 b	35,57 a
T4	53,53 a	54,23 a	64,57 a	34,13 a
T5	66,26 ab	73,73 b	89,87 ab	57,33 cd
T6	98,80 c	88,97 c	297,70 c	49,83 bc
T7	59,90 ab	65,63 b	391,67 d	48,10 b
Bobot (kg)				
B1 (0,1 kg)	61,92 a	67,48 a	154,59a	42,09a
B2 (0,2 kg)	83,47 b	73,88 b	146,74a	40,77a
B3 (0,3 kg)	81,40 b	87,80 c	185,12a	52,25b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Tabel 3 menunjukkan data rata-rata kadar BOD pada 7 perlakuan tumbuhan air (T1 hingga T7) dengan berbagai bobot (B1, B2, B3) yang diuji pada empat waktu pengamatan (7, 14, 21, dan 28 hari) terhadap limbah cair tahu. Hasil analisa perlakuan tumbuhan air maupun perlakuan bobot berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Pada hari ke 28 nampak kadar BOD lebih rendah dari waktu pengamatan sebelumnya. Tumbuhan T1 menunjukkan penurunan yang nyata pada kadar BOD, dengan nilai 76,40 mg/L pada waktu pengamatan hari ke 7, kemudian mengalami peningkatan pada hari ke 14 (89,87 mg/L), waktu pengamatan 21 hari terjadi penurunan 39,37 mg/L, dan mencapai nilai terendah pada hari ke 28 yaitu 28,73 mg/L. Peningkatan kadar BOD pada hari ke 14 dikarena tumbuhan tersebut tidak lagi dapat mengatasi akumulasi bahan organik dalam air limbah sehingga kadar BOD meningkat. Putri et al., (2024) menyatakan bahwa paparan kontaminan dalam jangka waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan kematian pada sebagian tanaman. Akibatnya, kandungan karbon dalam air meningkat, yang kemudian berdampak pada naiknya kadar BOD.

Tumbuhan air T1 mencatatkan kadar BOD terendah (28,73 mg/L) diikuti oleh T3 (35,57 mg/L) dan (T4) (34,13 mg/L), ketiga tumbuhan tersebut tidak berbeda nyata. Ini menunjukkan bahwa tumbuhan air T1 sangat efektif dalam menurunkan kadar BOD selama 28 hari. Kadar BOD tertinggi ditunjukkan oleh tumbuhan air T2 yaitu 60,43 mg/L. Menurut Aqguilira et al., (2025), akar tanaman genjer menyerap kandungan BOD yang terdapat dalam limbah, kemudian senyawa tersebut terakumulasi di bagian daun dan batang tanaman. Proses ini berkontribusi terhadap penurunan kadar BOD dalam air limbah.

Berdasarkan penelitian Wulandari et al., (2024) menyatakan bahwa tanaman genjer dapat menurunkan kadar BOD sebesar 76,42%. Sutrisno et al. (2010) dalam Nurrasyida et al., (2024) mengemukakan bahwa tanaman rumput bebek (mata lele) dapat menurunkan konsentrasi BOD dan COD.

Pada hari ke-28, pada bobot B2 menunjukkan kadar BOD yang lebih rendah (40,77 mg/L) dibandingkan B1 dan B3, yang mencatatkan kadar BOD masing-masing 42,09 mg/L dan 52,25 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun bobot lebih besar memungkinkan tumbuhan untuk menyerap lebih banyak bahan organik, proses dekomposisi atau penyerapannya pada bobot (B2) mungkin lebih efisien, sehingga menghasilkan kadar BOD yang lebih rendah.

Tabel 4. Interaksi jenis dengan bobot tumbuhan air dan efektivitas kadar BOD (%) terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air dengan Bobot	Waktu pengamatan				Kontrol air sumur (mg/L)	Baku Mutu
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari		
T1B1	76,80 h (88,23%)	74,00 g (88,66%)	42,10 b (93,55%)	33,80 d (94,82%)	2,88	150 mg/L
T1B2	82,10 i (87,42%)	81,60 j (87,50%)	36,50 a (94,41%)	23,20 a (96,44%)	2,16	
T1B3	70,30 g (89,23%)	114,00 q (82,54%)	39,50 b (93,95%)	29,20 c (95,55%)	4,01	
T2B1	51,20 e (92,15%)	52,60 b (91,94%)	82,70 i (87,33%)	67,60 k (89,64%)	8,63	
T2B2	103,00 k (84,22%)	78,60 i (87,96%)	61,10 d (90,64%)	28,30 c (95,66%)	9,03	11,8
T2B3	50,40 de (92,28%)	85,10 m (86,96%)	137,00 j (79,01%)	85,40 l (86,92%)	11,8	
T3B1	49,80 cde (92,37%)	87,10 n (86,66%)	41,50 b (93,64%)	26,00 b (96,01%)	2,77	
T3B2	105,00 k (83,92%)	71,60 f (89,03%)	62,20 de (90,47%)	28,70 c (95,60%)	4,77	
T3B3	157,00 n (75,95%)	105,00 p (83,92%)	361,00 m (44,71%)	52,00 f (92,03%)	8,39	3,62
T4B1	49,00 bcde (92,49%)	62,90 e (90,36%)	74,60 g (88,57%)	25,60 b (96,07%)	3,62	
T4B2	63,80 f (90,22%)	45,60 a (93,01%)	41,70 b (93,61%)	26,00 b (96,01%)	5,23	
T4B3	47,80 abcde (92,67%)	54,20 c (91,69%)	77,40 h (88,14%)	50,80 f (92,22%)	2,83	
T5B1	105,00 k (83,92%)	55,00 c (91,57%)	46,30 c (92,90%)	47,20 e (92,77%)	2,75	2,69
T5B2	45,60 abc (93,01%)	82,60 jk (87,35%)	158,00 k (75,80%)	60,20 i (90,78%)	2,69	
T5B3	48,20 bcde (92,61%)	83,60 kl (87,19%)	65,30 f (0,9%)	64,60 j (90,10%)	11,1	
T6B1	46,40 abcd (92,89%)	88,10 n (86,50%)	395,00 n (39,50%)	55,90 g (91,43%)	3,57	

T6B2	137,00 m (79,01%)	76,80 h (88,23%)	434,00 q (33,53%)	58,50 h (91,04%)	8,71
T6B3	113,00 l (82,69%)	102,00 o (84,37%)	64,10 ef (90,18%)	35,10 d (94,62%)	4,85
T7B1	43,90 a (93,27%)	51,40 b (92,12%)	403,00 o (38,28%)	27,80 c (95,74%)	2,35
T7B2	45,00 ab (93,10%)	60,70 d (90,70%)	356,00 l (44,10%)	59,40 hi (90,90%)	8,65
T7B3	90,80 j (86,09%)	84,80 lm (87,01%)	416,00 p (36,29%)	57,10 g (91,25%)	5,07

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Tabel 4 menunjukkan interaksi antara berbagai kombinasi tumbuhan air dan bobot (B1, B2, B3) dalam mengurangi kadar BOD pada limbah cair tahu. Setiap kombinasi diuji selama empat waktu pengamatan (7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari), serta dibandingkan dengan kontrol air sumur.

Pada hari ke-28, sebagian besar kombinasi menunjukkan penurunan kadar BOD dibandingkan dengan hari pengamatan sebelumnya. Tumbuhan air T1 dengan bobot B2 (0,2 kg) (23,20 mg/L) tercatat memiliki kadar BOD terendah dengan efektivitas tertinggi (96,44%), yang menunjukkan bahwa jenis tumbuhan ini sangat efektif dalam mengurangi kadar BOD seiring berjalannya waktu. Di sisi lain, beberapa kombinasi dengan bobot B3, seperti T2B3 (85,40 mg/L) meskipun mengalami penurunan, tetap menunjukkan kadar BOD yang relatif tinggi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, menandakan bahwa kapasitas dekomposisi atau penyerapannya tidak maksimal dalam pengurangan kadar BOD pada tahap akhir pengamatan. Namun, semua perlakuan menunjukkan kadar BOD yang telah memenuhi standar baku mutu air limbah tahu yaitu 150 mg/L sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014. Penelitian dengan perlakuan menggunakan genjer sebanyak 5 rumpun memberikan hasil penurunan kadar BOD terbesar yaitu 29,05% pada limbah karet (Thuraidah et al., 2016).

Kontrol air sumur memiliki kadar BOD yang sangat rendah (sekitar 2,16–11,8 mg/L), yang menunjukkan bahwa air sumur tidak terkontaminasi dengan bahan organik dalam jumlah besar. Perbandingan antara kadar BOD pada air limbah tahu dan kontrol air sumur menyoroti besarnya pengaruh bahan organik dalam air limbah tahu.

Kadar TSS

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan rata-rata kadar TSS pada limbah cair tahu yang dipengaruhi oleh 7 perlakuan tumbuhan air (T1 hingga T7) dan tiga bobot tumbuhan (B1, B2, B3) serta interaksinya selama empat waktu pengamatan (7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari) adanya perbedaan nyata pada setiap perlakuan (Tabel 5 dan Tabel 6).

Tabel 5. Rerata kadar TSS (mg/L) pada tumbuhan air dan bobot terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air	Waktu pengamatan			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
T1	79,46 c	44,60 bc	34,80a	20,30a
T2	59,13 ab	37,83 b	160,70bc	70,44c
T3	84,36 c	94,23 d	244,57cd	98,70d
T4	45,96 a	17,57 a	70,43ab	26,97a
T5	51,63 a	25,83 a	118,13ab	49,47b
T6	75,47 bc	48,63 c	299,97de	75,57c
T7	45,53 a	27,27 a	376,67e	33,80ab
Bobot (kg)				
B1 (0,1 kg)	48,84 a	25,21 a	176,95a	50,95a
B2 (0,2 kg)	69,48 b	36,41 b	194,06a	40,41a
B3 (0,3 kg)	71,90 b	67,21 c	188,95a	70,38b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Pada hari ke-28, tumbuhan air T1 (20,30 mg/L) menunjukkan penurunan kadar TSS yang lebih rendah dibandingkan pada hari ke-7, 14 dan 21 tetapi tidak berbeda nyata dengan T4 (26,97 mg/L). Tumbuhan T1 efektif dalam mengurangi TSS selama periode pengamatan. Tumbuhan T1 dan T4 memiliki akar yang berkembang dengan baik di dalam air, yang memungkinkan untuk mengikat dan mengendapkan TSS lebih efisien. Akar tumbuhan ini bekerja sebagai penyaring alami, menangkap partikel-partikel padat dan membantu menurunkan kadar TSS dalam air limbah. Ruhmawati et al., (2017) mengemukakan bahwa proses penyerapan tanaman, penguraian bahan organik, dan endapan hasil penguraian bahan organik menyebabkan kadar TSS turun. Oktorina et al., (2019) menyatakan bahwa menurunnya kadar TSS setelah pengolahan menggunakan tanaman dapat disebabkan oleh adanya proses penyerapan tumbuhan, penguraian bahan organik terlarut, pengendapan dari penguraian bahan organik, dan partikel koloid yang menempel pada akar.

Bobot tumbuhan air juga mempengaruhi penurunan kadar TSS. Secara umum, bobot yang lebih besar (B3) cenderung menunjukkan kadar TSS yang lebih tinggi dibandingkan dengan bobot yang lebih kecil (B1). Hal ini bisa disebabkan oleh kapasitas tumbuhan dengan bobot lebih besar dalam menyerap atau mengendapkan padatan tersuspensi. Perlakuan bobot B1 (50,95 mg/L) dan B2 (40,41 mg/L) menurunkan kadar TSS lebih rendah dibandingkan bobot B3 (70,38 mg/L). Ini menunjukkan bahwa tumbuhan dengan bobot lebih besar mungkin memiliki kapasitas lebih banyak dalam menyaring atau menyerap padatan tetapi tidak seefektif dalam mengurangi kadar TSS setelah periode yang lebih lama. Tabel 6. Interaksi tumbuhan air dengan bobot dan efektivitas kadar TSS (%) terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air dengan Bobot	Waktu pengamatan				Kontrol air sumur (mg/L)	Baku Mutu
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari		
T1B1	81,00 k (87,01%)	33,00 h (94,71%)	20,50 ab (96,71%)	14,70 a (97,64%)	7,79	100 mg/L
T1B2	95,20 n (84,74%)	41,20 k (93,39%)	33,70 b (94,59%)	22,80 cd (96,34%)	7,20	
T1B3	62,20 j (90,03%)	59,60 m (90,44%)	50,20 c (91,95%)	23,40 de (96,25%)	30,10	
T2B1	39,30 f (93,70%)	21,40 e (96,57%)	301,00 j (51,76%)	139,00 m (77,72%)	32,30	
T2B2	90,40 lm (85,51%)	61,10 m (90,20%)	101,00 f (83,81%)	21,43 c (96,56%)	251,00	
T2B3	47,70 h (92,35%)	31,00 g (95,03%)	80,10 e (87,16%)	50,90 k (91,84%)	80,10	
T3B1	37,60 e (93,97%)	36,30 i (94,18%)	15,70 a (97,48%)	23,30 de (96,26%)	11,60	
T3B2	89,50 l (85,65%)	31,40 gh (94,96%)	346,00 k (44,55%)	24,80 ef (96,02%)	218,00	
T3B3	126,00 p (79,80%)	215,00 o (65,54%)	372,00 l (40,38%)	248,00 o (60,25%)	48,90	
T4B1	31,40 d (94,96%)	17,10 c (97,25%)	70,10 de (88,76%)	26,10 f (95,81%)	30,80	
T4B2	58,50 i (90,62%)	10,40 a (98,33%)	10,20 a (98,36%)	16,30 b (97,38%)	55,30	
T4B3	48,00 h (92,30%)	25,20 f (95,96%)	131,00 g (79,00%)	38,50 h (93,83%)	116,00	
T5B1	89,50 l (85,65%)	15,70 bc (97,48%)	21,40 ab (96,57%)	55,30 l (91,13%)	5,22	
T5B2	19,90 a (96,81%)	30,80 g (95,06%)	273,00 i (56,25%)	43,30i (93,06%)	23,30	
T5B3	45,50 g (92,70%)	31,00 g (95,03%)	60,00 cd (90,38%)	49,80 k (92,01%)	44,30	
T6B1	28,73 c	38,60 j	375,00 l	53,90 l	9,61	

	(95,39%)	(93,81%)	(39,90%)	(91,36%)	
T6B2	106,00 o	31,90 gh	465,00 m	141,00 n	193,00
	(83,01%)	(94,88%)	(25,48%)	(77,40%)	
T6B3	91,70 m	75,40 n	59,90 cd	31,80 g	90,00
	(85,30%)	(87,91%)	(90,40%)	(94,90%)	
T7B1	29,60 c	15,20 b	458,00 m	23,20 de	8,18
	(95,25%)	(97,56%)	(26,60%)	(96,28%)	
T7B2	24,50 b	19,20 d	214,00 h	45,70 j	96,00
	(96,07%)	(96,92%)	(65,70%)	(92,67%)	
T7B3	82,50 k	47,40 l	458,00 m	32,50 g	17,00
	(86,77%)	(92,40%)	(26,60%)	(94,79%)	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Tabel 6 menggambarkan interaksi antara jenis tumbuhan air dan bobot terhadap kadar TSS pada limbah cair tahu selama empat periode waktu pengamatan. Kadar TSS yang tinggi menunjukkan adanya partikel tersuspensi dalam air, yang dapat mencemari kualitas air dan mempengaruhi lingkungan.

Pada akhir pengamatan yaitu hari ke-28, kadar TSS sebagian besar mengalami penurunan lebih besar dibandingkan waktu pengamatan sebelumnya dengan beberapa kombinasi seperti tumbuhan air T1B1 (14,70 mg/L) dengan efektivitas sebesar (97,64%), dan tumbuhan air T4B2 (16,30 mg/L) dengan efektivitas sebesar (97,38%), menunjukkan hasil yang cukup efektif dalam menurunkan kadar TSS. Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar TSS telah memenuhi standar baku mutu air limbah tahu yaitu 100 mg/L sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014. Kombinasi dengan bobot lebih besar, seperti tumbuhan air T3B3 (248,00 mg/L) memiliki kadar TSS yang tinggi pada akhir periode ini, yang menunjukkan bahwa bobot lebih besar tidak selalu memberikan pengurangan TSS yang lebih efektif.

Berdasarkan data yang ada, dapat dilihat bahwa bobot yang lebih besar, terutama pada B3, tidak selalu berkontribusi pada pengurangan kadar TSS yang lebih efektif. Sebagai contoh, pada tumbuhan air T3B3 (372,00 mg/L pada hari ke-21), kadar TSS masih tinggi meskipun bobotnya lebih besar. Ini mungkin disebabkan oleh ketidakefektifan bobot yang lebih besar dalam penyerapan atau pengendapan partikel suspensi dalam air. Sebaliknya, kombinasi dengan bobot yang lebih kecil, seperti tumbuhan air T1B1, cenderung menghasilkan pengurangan TSS yang lebih efektif, terutama pada hari ke-28 (14,70 mg/L).

Perbandingan kadar TSS pada limbah cair tahu dengan kontrol menunjukkan bahwa meskipun tumbuhan air dapat menurunkan kadar TSS, limbah cair tahu tetap mengandung kadar TSS yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Kadar TSS di perairan dapat menghambat pancaran sinar matahari, mengganggu makhluk hidup di air, dan bahkan mengancam kematian biota air (Munawaroh et al., 2023). Nilai konsentrasi TSS tinggi juga dapat menurunkan kemampuan tumbuhan dalam fotosintesis (Jiyah et al., 2017) dalam (Munawaroh et al., 2023).

Kadar Amoniak (NH_4^+)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kadar amoniak pada limbah cair tahu yang dipengaruhi oleh jenis tumbuhan air dan bobot pada empat waktu pengamatan (hari ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28). Pada hari ke 28 penurunan kadar amoniak terbaik dibandingkan waktu pengamatan sebelumnya dimana kadar amoniak yang lebih rendah dicapai oleh T2 (1,71 mg/L), T3 (1,74 mg/L) dan T4 (1,68 mg/L) sedangkan yang lebih tinggi ditunjukkan pada T1 (2,75 mg/L), T5 (2,88 mg/L), T6 (2,91 mg/L) dan T7 (2,99 mg/L) berbeda nyata dengan tumbuhan air lainnya. Kemudian bobotnya (B1, B2, B3) tidak berbeda nyata pada pengamatan 7 hari, 14 hari dan 21 hari kecuali pada pengamatan 28 hari dan ada interaksinya pada hari ke-28 (Tabel 7 dan Tabel 8).

Tabel 7. Rerata kadar Amoniak (mg/L) pada tumbuhan air dan bobot terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air	Waktu pengamatan			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
T1	2,49 a	2,48 c	2,60f	2,75b
T2	2,56 a	2,39 ab	2,71g	1,71a
T3	2,70 ab	2,42 b	2,51e	1,74a
T4	2,75 ab	2,62 d	2,36d	1,68a
T5	2,93 bc	2,67 d	2,19c	2,88b
T6	3,39 d	2,52 c	2,09b	2,91b
T7	3,17 cd	2,35 a	1,95a	2,99b
Bobot (kg)				
B1 (0,1 kg)	2,87 a	2,50 a	2,36a	2,61b
B2 (0,2 kg)	2,87 a	2,49 a	2,34a	2,24a
B3 (0,3 kg)	2,83 a	2,49 a	2,33a	2,28a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Tabel 7 menunjukkan perubahan kadar amoniak dalam limbah cair tahu pada berbagai waktu pengamatan (7, 14, 21, dan 28 hari) yang dipengaruhi oleh jenis tumbuhan air dan bobotnya. Pada hari ke-28, penurunan kadar amoniak semakin jelas dibandingkan dengan waktu pengamatan sebelumnya, dengan tumbuhan air T2, T3 dan T4 mencatatkan kadar amoniak terendah, yaitu 1,71 mg/L dan 1,74 serta 1,68 mg/L, Hal ini menunjukkan bahwa ketiga jenis tumbuhan ini mampu mengurangi kadar amoniak secara lebih efektif setelah periode yang lebih lama. Sebaliknya, tumbuhan air T1 (2,75 mg/L), T5 (2,88 mg/L), T6 (2,91 mg/L) dan tumbuhan air T7 (2,99 mg/L) tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya menunjukkan kadar amoniak yang lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan lainnya, yang mengindikasikan bahwa tumbuhan tersebut kurang efektif dalam mengurangi kadar amoniak pada periode ini. Perlakuan T1 menunjukkan kadar amoniak semakin meningkat bertambahnya waktu.

Tumbuhan air T2, T3, dan T1 dapat mengurangi kadar amoniak karena memiliki kemampuan untuk menyerap nitrogen dalam bentuk amoniak dan mengubahnya menjadi senyawa yang lebih stabil melalui proses metabolisme. Tumbuhan T2, menunjukkan penurunan yang lebih nyata pada kadar amoniak karena kemampuannya dalam menyerap dan mengolah senyawa nitrogen. Akar tumbuhan ini mampu menyerap amoniak dalam jumlah besar, yang mengarah pada pengurangan kadar amoniak di dalam air limbah. Hasil penelitian menunjukkan tumbuhan mata lele mampu menurunkan kadar amoniak, dengan nilai efisiensi penurunan berkisar antara 70,06%-91,81%, pada air kolam budidaya ikan lele dan tumbuhan *Lemna sp.* mempunyai kemampuan untuk menyerap amoniak (NH_4^+) melalui bagian akar dan daun (Nurrasyida et al., 2024).

Perlakuan bobot tumbuhan pada hari ke 7, 14, dan 21 tidak berpengaruh nyata tetapi pada hari terakhir pengamatan (28 hari), bobot tumbuhan berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar amoniak dimana B2 (2,24 mg/L) dan B3 (2,28 mg/L) berbeda nyata dengan B1 (2,61 mg/L). Hal ini mengindikasikan bahwa bobot tumbuhan mempengaruhi kemampuan tumbuhan air dalam menurunkan kadar amoniak pada air limbah. Rezania et al., (2015) menyatakan bahwa semakin besar biomassa tanaman, maka semakin tinggi pula kemampuannya dalam menyerap senyawa nitrogen seperti amoniak dari air limbah.

Tabel 8. Interaksi jenis dengan bobot tumbuhan air dan efektivitas kadar amoniak (%) terhadap limbah cair tahu

Tumbuhan air dengan Bobot	Waktu pengamatan 28 hari	Efektivitas kadar amoniak (%)	Baku Mutu Permen LH No. 5 Tahun 2014
T1B1	3,30 j	91,95	
T1B2	2,29 f	94,41	5 mg/L

T1B3	2,65 gh	93,53
T2B1	1,83 bcd	95,53
T2B2	1,96 cde	95,21
T2B3	1,35 a	96,70
T3B1	1,99 de	95,82
T3B2	1,71 bcd	95,82
T3B3	1,53 ab	96,26
T4B1	1,88 cd	95,41
T4B2	1,65 abc	95,97
T4B3	1,52 ab	96,29
T5B1	4,08 k	90,00
T5B2	2,38 fg	94,19
T5B3	2,19 ef	94,65
T6B1	3,00 i	92,68
T6B2	2,89 hi	92,95
T6B3	2,85 hi	93,00
T7B1	3,30 j	91,95
T7B2	2,93 hi	92,85
T7B3	2,93 hi	92,85

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan taraf 5%

Pada Tabel 8, hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara kadar amoniak dalam limbah cair tahu dengan bobot tumbuhan air pada waktu pengamatan 28 hari, dimana T5B1 (4,08 mg/L) mempunyai kadar amoniak tertinggi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dan T2B3 (1,35 mg/L) menunjukkan kadar amoniak terendah. Efektivitas tertinggi terjadi pada perlakuan T2B3 sebesar (96,70%) dan terendah pada perlakuan T5B1 sebesar (90%). Nilai amoniak pada penelitian ini telah memenuhi standar baku mutu menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014.

Perlakuan yang memberikan hasil terbaik dalam menurunkan kadar amoniak dapat dilihat pada kombinasi tumbuhan air T2 dengan bobot B3 (1,35 mg/L) (97,70%), tumbuhan air T3 dengan bobot B3 (1,53 mg/L) (96,26%), dan tumbuhan air T4 dengan bobot B3 (1,52 mg/L) (96,29%). Semua perlakuan ini menunjukkan kadar amoniak yang relatif rendah dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi ini mungkin lebih efektif dalam menyerap atau mengurai amoniak dari air limbah tahu. Keberhasilan ini bisa disebabkan oleh sifat tumbuhan air yang dapat menyerap unsur amoniak atau bobot yang mempengaruhi kapasitas tumbuhan untuk beradaptasi dan mengurangi kadar amoniak. Hasil penelitian Juswardi et al., (2010) menunjukkan bahwa *Neptunia oleracea* mampu tumbuh dan toleran pada kadar amoniak hingga 80 ppm.

Sebaliknya, perlakuan dengan tumbuhan air T1 dan bobot B1 (3,30 mg/L) serta tumbuhan air T5 dengan bobot B1 (4,08 mg/L) menunjukkan kadar amoniak yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Tumbuhan air T1 dan T5 dengan bobot B1 mungkin kurang efisien dalam mengurangi amoniak atau malah cenderung menghasilkan penurunan yang lebih sedikit. Kadar amoniak yang lebih tinggi ini juga bisa disebabkan oleh faktor lain seperti kemampuan tumbuhan air dalam beradaptasi dengan limbah cair tahu atau interaksi bobot yang kurang optimal.

Interaksi antara tumbuhan air dan bobot memainkan peranan penting dalam pengolahan air limbah tahu, baik dalam penyerapan amoniak maupun dalam kondisi tumbuhan yang tumbuh di dalamnya. Setiap tumbuhan air memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap amoniak, dan bobot yang digunakan juga bisa mempengaruhi efektivitas tumbuhan air tersebut. Kombinasi yang paling efektif dalam mengurangi kadar amoniak mungkin dipengaruhi oleh karakteristik spesifik dari tumbuhan air dan bobot yang digunakan. Pagoray et al., (2021) menyatakan bahwa amonia (NH_3) apabila melebihi standar di suatu perairan akan mempengaruhi kehidupan dari biota perairan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh bahwa tanaman T1 (genjer) dan T4 (kombinasi genjer dan mata lele) menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam menurunkan kadar COD, masing-masing sebesar 72,40 mg/L dan 115,90 mg/L. Nilai kadar BOD yang rendah sebesar 28,73 mg/L pada T1 dan 34,13 mg/L pada T4. Sementara itu, nilai TSS yang dihasilkan oleh T1 dan T4 yaitu 20,30 mg/L dan 26,97 mg/L. Tanaman T4 dan T2 (mata lele) menunjukkan kadar amoniak yang lebih rendah, yaitu 1,68 mg/L dan 1,71 mg/L. Dari sisi bobot biomassa, tanaman dengan bobot 0,1 kg (B1) dan 0,2 kg (B2) memberikan hasil yang efektif dalam menurunkan konsentrasi COD, BOD, dan TSS. Sebaliknya, penggunaan biomassa sebesar 0,3 kg (B3) menunjukkan hasil yang efektif dalam menurunkan kadar amonia, khususnya pada kombinasi tanaman mata lele berbobot 0,3 kg (T2B3) dengan nilai NH_4^+ sebesar 1,35 mg/L, serta kombinasi tanaman genjer dan mata lele dengan bobot yang sama (T4B3) yang menghasilkan nilai 1,52 mg/L. Kadar COD yang lebih rendah tercatat pada kombinasi tanaman genjer berbobot 0,1 kg (T1B1) dengan nilai 68,80 mg/L. Kadar BOD yang rendah diperoleh pada kombinasi tanaman genjer berbobot 0,2 kg (T1B2) dengan nilai 23,20 mg/L, sedangkan kadar TSS paling rendah terjadi pada kombinasi genjer berbobot 0,1 kg (T1B1), yakni sebesar 14,70 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua dan keluarga atas segala doa dan dukungannya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifah, R.Z, L.Triana, R.Indrawati. 2023. Pemanfaatan Fitoremediasi Dengan Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) Dalam Menurunkan Kadar Cod (*Chemical Oxygen Demand*) Air Limbah Karet Di Siantan Hilir Pontianak. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, *Jlk Vol.6 No.2 2023.Hal 31-36*.
- As'ari, R.M ; A.Syafiuddin; A.A.Adriansyah; Budhi, S.2022. Fitoremediasi Air Limbah Tempe Menggunakan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* Vol.10 (5):564-569. DOI : 10.14710/jkm.v10i5.35171
- Acquillira, N., Suharno, (2025). Efektivitas Genjer Sebagai Penurunan Kadar Bod (Biological Oxygen Demand) Pada Limbah Domestik Rumah Tangga. In *Journal Of Environmental Health And Sanitation Technology* (Vol. 04, Issue 01). <http://jtk.poltekkes-pontianak.ac.id/index.php/JEHAST>
- Dewi, M. O dan Tauny A. 2020. Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Metode Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Pada Industri Tahu B Kota Serang. *JURNALIS*. 3(1): 1-48.
- Esrahwati, E., Riani, E., & Nurawati, S. (2025). Efektifitas Beberapa Tumbuhan Air Untuk Meningkatkan Kualitas Limbah Cair Industri Tahu Pada Pabrik Tahu Podomoro Desa Sebidai Kecamatan Sesayap Kab. Tana Tidung. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 9(1), 51-59. <https://doi.org/10.32522/ujht.v9i1.14801>
- Fachrurozi, M., Listiatie, B., Utami, D., Suryani, (2010). Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, Dan TSS Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(1): 1-75.
- Juswardi, Sagala, E. P., & Lilian Ferdini, A. (2010). Pertumbuhan *Neptunia oleracea* Lour. Pada Limbah Cair Amoniak dari Industri Pupuk UREA Sebagai Upaya Pengembangan Fitoremediasi. *Jurnal Penelitian Sains*. Vol. 13 (1). (D) 13105:17-20
- Kholisah, A. N., Pramitasari, N., Audiananti, D., & Kartini, M. (2022). Efisiensi Penyisihan Kadar Bod Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Bambu Air Dengan Sistem Sub Surface Flow Constructed Wetland. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 14(1): 66-73.

- Munawaroh, I., Dwi Prasetyo, H., & Husain Latuconsina, dan. (2023). Potency of Indian Shot (*Canna indica*) As Phytoremediator Physical Parameters of Water Quality in Supit Urang Fecal Waste Treatment Plant Malang City. *AGRIKAN - Jurnal Agribisnis Perikanan* vol.6 (2) :1-8, URL: [https://doi.org/10.52046/agrikan.v16i2.1-816\(2\)](https://doi.org/10.52046/agrikan.v16i2.1-816(2)) : 1–8.
- Nurliansyah, M. I., Hayati, R., & Apriani, I. (2016). Efektivitas Tanaman Genjer Dalam Menurunkan Bod Dan Cod Limbah Cair Tahu Hasil Proses Anaerob. *Jurnal teknologi lingkungan lahan basah* vol.4(1)
- Nurrasyida, F. U., Kasmiyati, S., & Sucahyo, S. (2024). Efektivitas Tumbuhan Mata Lele (*Lemna minor* L.) dengan Kombinasi Probiotik dalam Menurunkan Kadar Amonia dan Fosfat pada Air Kolam Budidaya Ikan Lele. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(5), 1108–1113. <https://doi.org/10.14710/jil.22.5.1108-1113>
- 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>
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53–65. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.312>
- Putri, S. M., Widiatmono, B. R., & Sari, E. (2024). Perbandingan Efektivitas Fitoremediasi Dalam Mereduksi BOD dan COD (Studi Kasus: Industri Batik Alam, Pasuruan). *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 11(1), 20–29. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2024.011.01.3>
- Rachman, R., Setiawati, S., & Suryaningrat Edwin Tamburaka, R. (2023). Pemanfaatan Tanaman Air untuk Menurunkan Parameter Pencemar pada Kali Kadia Kota Kendari Menggunakan Metode Fitoremediasi. In *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship* .Vol 7 (3) :100-117.
- Raihana, E., Nurwasila., Hartati., Nehru, dan Nikman, A. 2023. Dampak Pembuangan Limbah Pabrik Tahu Terhadap Pencemaran Air Sungai Kota Bima. *Jurnal Sains dan Terapan*. 2(3): 11-14.
- Rambe, F.; Della, I; Maria, O. A. S; Teresia, J. R; Marlinda, N. S. U ; Adelia, F (2024). Efektivitas Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) Sebagai Agen Fitoremediasi Penyerapan Fosfat Pada Air Limbah Laundry Di Kota Medan. *Biogenerasi Vol 10 (1)*. <https://e-journal.my.id/biogenerasi>
- Rezania, S., Ponraj, M., Talaiekhosani, A., Mohamad, S. E., Md Din, M. F., Taib, S. M., Sabbagh, F., & Sairan, F. M. (2015). Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 163, pp. 125–133). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.018>
- 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>
- Safitri, M., & Rima Setyawati, T. (2019). Pemanfaatan *Lemna minor* L. dan *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle untuk Memperbaiki Kualitas Air Limbah Laundry. *Jurnal Protobiont* (Vol. 8 (1). : 39 – 46.
- Thuraidah, A., Puspita, E. I., & Oktiyani, N. (2016). Pengaruh Genjer (*Limnocharis flava*) terhadap Penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Limbah Industri Karet. *Medical Laboratory Technology Journal*, 2(1), 6–10. <http://ejurnal-analiskesehatan.web.id>
- Wulandari, V.F, Prasetyo, H.D, Latuconsina, H. 2024. Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*) dan Teratai (*Nympaea Alba*) Sebagai Fitoremediator Limbah Tahu. *e- Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)* Vol. 2 (2): 108 – 116..