



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*) sebagai Agen Penyerap Logam Berat Mangan (Mn) dari Limbah Cair Industri Tahu

Genjer Plant (Limnocharis Flava) as an Absorbing Agent for the Heavy Metal Manganese (MN) from Liquid Waste of the Tofu Industry

Firli Oktaviani Bahute¹, Moh. Rivai Nakoe^{2*}, Herlina Jusuf³

^{1,2,3}Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Olahraga dan Kesehatan, Gorontalo

*Corresponding Author: E-mail: rivai@ung.ac.id

Artikel Penelitian

Kata Kunci:

Logam Berat mangan (Mn);
Genjer;
Limbah Tahu

Keywords:

Heavy metal manganese (Mn);
Genjer;
Tofu waste

DOI: [10.56338/jks.v7i6.5499](https://doi.org/10.56338/jks.v7i6.5499)

ABSTRAK

Salah satu masalah yang dihadapi di lingkungan adalah kontaminasi logam berat, karena limbah cair industri yang tidak diolah dengan baik. Ditemukan kadar logam mangan pada limbah cair industri tahu remaja karya 10,85 mg/L tidak memenuhi syarat baku mutu yang ditentukan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebanyak 2-5 mg/l. Tujuan penelitian untuk mengetahui efektivitas daya serap tanaman genjer dalam menurunkan kadar logam berat mangan (Mn) pada limbah cair industri remaja karya Kelurahan Ipilo Kota Gorontalo. Desain penelitian eksperimen semu (Quasi Eksperimen) pretest-posttest control group dengan faktor variasi jumlah tanaman (5,10 dan 15 rumpun) dan waktu perlakuan (5,10 dan 15 hari). Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair pabrik tahu remaja karya. Teknik analisis data menggunakan kruskal-wallis. Hasil penelitian dengan fitoremediasi menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) mampu menurunkan logam mangan (Mn) 90% terjadi pada variasi tanaman 15 rumpun dengan waktu paparan 5, 10 dan 15 hari. Yang menunjukkan semakin lama waktu tinggal dan banyaknya jumlah tanaman maka semakin besar penurunan kadar Berdasarkan uji kruskal-wallis diperoleh hasil p-value = 0,027 < 0,05 maka dapat dikatakan bahwa ada perbedaan penurunan kadar logam mangan (Mn) pada setiap perlakuan yang diberikan. Diharapkan pemilik industri tahu bisa menggunakan tanaman genjer sebagai alternatif pengolahan limbah cair tahu dalam menurunkan logam berat Mangan (Mn).

ABSTRACT

One of problems faced in the environment is contamination metal heavy, because waste liquid industries that don't processed with Good. Rate found metal manganese in waste liquid industry know teenager works 10.85 mg/L no fulfil condition standard quality determined by the Regulations Government Republic of Indonesia Number 22 of 2021 Concerning Maintenance Protection and Management Environment as much as 2-5 mg/l. Research purposes For know effectiveness Power absorb plant genjer in lower rate metal heavy manganese (Mn) in waste liquid industry teenager work ward Ipilo, Gorontalo City. Research design experiment quasi (Quasi Experiment) pretest- posttest control group with factor variation amount plants (5,10 and 15 bushes) and time treatment (5,10 and 15 days). Deep sample study This is waste liquid factory know teenager works, data analysis techniques using kruskal-wallis. Research result with phytoremediation use plant genjer (*Limnocharis flava*) capable lower metal manganese (Mn) 90% occurs in variations 15 bushes of plants with time exposure 5, 10 and 15 days. Which shows the longer the time stay and lots of it amount plant so the more big decline rate Based on the Kruskal-Wallis test obtained results p-value = 0.027 < 0.05 then can said that There is difference decline rate metal manganese (Mn) in each treatment given. Expected industry owners know Can use plant genjer as alternative processing waste liquid know in lower metal Manganese weight (Mn).

PENDAHULUAN

Negara Indonesia banyak mencapai kemajuan di bidang teknologi, khususnya di teknologi industri pangan. Pemerintah melalui kementerian perindustrian terus berupaya untuk meningkatkan produktivitas sektor industri di Indonesia. Sesuai data badan pusat statistik pada tahun 2017, beberapa sektor industri di Indonesia sudah masuk dalam pertumbuhan yang baik. Pada industri logam, pangan dan otomotif misalnya, mengalami pertumbuhan sebanyak 10,6%, 9,49%, dan 6,35% (Maryam et al., 2020).

Berdasarkan data Dinas Perindustrian Dan Perdagangan Kota Gorontalo tahun 2023. Gorontalo memiliki industri tahu menengah yaitu sebanyak 15 unit yang terbagi di dua kecamatan yaitu kecamatan Dumbo Raya sebanyak 2 unit dan Kota Timur sebanyak 13 Unit. Diantara 15 Industri Tesebut, Pabrik Tahu Remaja Karya memiliki Produksi tahu sebanyak 54.000 biji pertahun (Perindag, 2023).

Salah satu masalah paling signifikan yang dihadapi lingkungan saat ini adalah kontaminasi disebabkan oleh logam berat, yang disebabkan oleh limbah industri yang tidak diolah Karena sifat toksis, dan persistensinya. Logam berat mempunyai sifat yang tak dapat terdegradasi, toksik serta dapat terakumulasi rantai dalam rantai makanan (Feby Andarista et al., 2023).

Air limbah industri banyak mengandung bahan kimia organik yang sulit terurai secara langsung, dan juga mengandung logam berat seperti mangan. Logam mangan merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat racun, dapat terakumulasi secara biologis, dan berbahaya bagi organisme hidup. Efek kronis dan akut akibat paparan air yang mengandung bahan kimia seperti mangan. Logam berat dapat muncul dari sumber alami dan manusia dan terakumulasi di beberapa sektor lingkungan (tanah, udara, air, dan perantaraanya) (Nurjanah & Mulyawan, 2019).

Limbah cair tahu semakin banyak dihasilkan dan dibuang ke saluran air karena produksi tahu memerlukan banyak air. Plankton, humus, tumbuhan air, ion mangan dan besi, serta limbah industri, memberikan warna kuning pada limbah cair tahu. Warna timbul akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, di samping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat (Mulya et al., 2020).

Berdasarkan observasi awal yang dilakukan serta memwawancarai salah satu pemilik industri tahu tersebut dimana industri tahu remaja karya sudah berdiri sejak 10 tahun lamanya dan merupakan pabrik tahu pertama di Kecamatan Kota Timur Kelurahan Ipilo. Air limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu dibuang langsung ke badan air atau tepat pada sungai yang berada dibelakang Industri tahu. Hasil uji pralaboratorium yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Gorontalo pada tanggal 9 November 2023, menggunakan sampel air limbah tahu dari industri tahu remaja di kelurahan Ipilo Kota Gorontalo. Hasil uji pra laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat mangan adalah 10,85 mg/l dalam limbah cair tahu yang diambil dari bak penampungan terakhir sebelum dibuang ke sungai. Nilai ini melebihi ambang batas atau baku mutu (NAB) yang ditetapkan dalam Keputusan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu 5 mg/l untuk limbah cair industri (Prasadhana et al., 2019).

Fitoremediasi juga merupakan metode pengolahan limbah yang ramah lingkungan, dan keberhasilan fitoremediasi bergantung pada jenis tanaman yang digunakan untuk pengolahannya, tanaman yang cocok untuk memperkaya logam tertentu dengan jenis logam, dan juga terkena dampak yang sangat besar. Tanaman memiliki kemampuan alami untuk menyerap logam berat dalam jumlah yang berbeda-beda, karena beberapa logam berat merupakan elemen yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Pratiwi et al., 2019). Tumbuhan tertentu dapat bertindak sebagai hiperakumulator karena dapat mengakumulasi logam dalam konsentrasi besar di jaringan akar dan pucuknya serta sangat toleran terhadap logam. Tanaman genjer yang berbeda mempunyai tingkat ketahanan yang berbeda-beda terhadap faktor lingkungan yang berbeda pula. Mengubah jumlah pabrik akan memungkinkan Anda menilai seberapa baik pabrik tersebut mampu menahan kontaminasi

lingkungan, seperti air yang terkontaminasi logam berat dari air limbah industri (Aldi et al., 2023).

Tanaman genjer adalah salah satu tanaman yang diidentifikasi sebagai akumulator beberapa logam berat. Akar tumbuhan menyerap logam berat dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air, mirip dengan unsur hara yang masuk bersama aliran air. Karena protein fitokelatin dalam tubuh tanaman genjer membantu mengikat logam berat yang masuk ke dalam tubuh tanaman, kandungan logam dalam air limbah dapat dikurangi oleh tanaman genjer (Rijal et al., 2016). Tanaman Genjer telah digunakan untuk fitoremediasi oleh beberapa peneliti. Beberapa peneliti termasuk Avlenda (2009), Alfa (2003), Hermawati, Wiryangto, dan Solichatun (2005), dan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Genjer memiliki kemampuan untuk mengurangi kadar logam berat seperti timbal (Pb), BOD, COD, DO, TSS, sulfat, dan fosfat pada air yang terkontaminasi limbah (Amalia et al., 2023). Pryangti dan Yunita (2014) melakukan penelitian serupa yang menyelidiki kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk menyerap logam berat besi (Fe). Penelitian tersebut menemukan bahwa tanaman genjer dapat menurunkan konsentrasi Fe dari 9,72 ppm menjadi 3,5 ppm dengan penurunan persentase sebesar 63,99% (Nurjanah & Mulyawan, 2019).

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh (Lidiana, 2022) Dimana tanaman gejer dengan variasi jumlah tanaman 5 rumpun, 10 dan 15 rumpun nilai efisiensi penurunan yang didapatkan pada hari ketujuh, sama besarnya dengan reaktor 5, 10 dan 15 tanaman, yaitu 99,61%. Kesamaan hasil akhir efisiensi pada ketiga reaktor tersebut, dapat disebabkan oleh faktor suhu pada setiap reaktor yaitu 23oC (Lidiana, 2022).

METODE

lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan laboratorium Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo dan pengambilan sampel limbah cair di industri tahu Remaja Karya yang berada di Kecamatan Kota Timur Kelurahan Ipilo Kota Gorontalo. Pengujian parameter logam berat Mangan (Mn) dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Gorontalo. Penelitian Ini dilakukan pada Bulan Desember 2023 sampai Mei 2024.

Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimental, Desain penelitian eksperimen semu (*Quasi Eksperimen*) *pretest-postest control group* dengan faktor variasi jumlah tanaman (5,10 dan 15 rumpun) dan waktu perlakuan (5,10 dan 15 hari).

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian adalah Limbah cair industri tahu di Kelurahan Ipilo Kota Gorontalo. Sedangkan sampel dalam penelitian ini limbah cair industry tau remaja karya kelurahan Ipilo Kota Gorontalo. Kriteria sampel pada penelitian ini adalah Limbah cair tahu yang positif mengandung Logam berat Mangan (Mn).

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data terbagi secara primer yaitu pengumpulan data secara langsung dari hasil pra-lab, dan observasi langsung dilapangan. Dan pengumpulan data secara sekunder yaitu data diperoleh dari data Dinas Perindustrian dan perdagangan, jurnal, skripsi, literatur, dan Artikel-artikel yang berkaitan dengan penelitian.

Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis dengan menggunakan bantuan komputer. Analisa data menggunakan uji statistik Nonparametrik *Kruskal-wallis* untuk melihat perbedaan

penurunan logam berat Mangan (Mn) setelah dilakukan fitormediasi.

HASIL

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas daya serap tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan logam berat mangan pada air limbah tahu dengan menggunakan variasi jumlah tanaman 5 rumpun, 10 rumpun dan 15 rumpun serta menggunakan variasi waktu 5 hari, 10 hari dan 15 hari.

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air limbah tahu yang di ambil di bak penampungan terakhir sebelum dibuang ke Sungai kemudian dilakukan uji kadar logam mangan di Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Gorontalo. Hasil uji konsentrasi menunjukkan air limbah tahu ini mengandung logam berat mangan sebanyak 10.87 mg/l.

Percobaan ini menggunakan 4 reaktor dimana satu reaktor kontrol (tanpa tanaman) dan 3 reaktor yang terisi tanaman genjer dengan 5, 10 dan 15 rumpun tanaman. Proses fitormediasi ini dilakukan selama 15 hari dengan pengukuran konsentrasi logam berat Mangan setiap 5 hari sekali yaitu pada hari ke- 5,10 dan 15, sedangkan untuk parameter pendukung seperti pH air dan suhu air dilakukan pengukuran setiap hari selama masa fitormediasi.

Tabel 1. Pengukuran suhu saat fitormediasi

Hari ke-	Reaktor Suhu (°C)			
	Control	5 tanaman	10 tanaman	15 tanaman
1	22,0	22,5	22,6	22,7
2	23,0	23,5	23,7	23,0
3	27,0	26,8	27,5	27,5
4	21,1	21,0	21,9	21,9
5	20,3	20,7	20,9	20,9
6	22,3	22,0	22,5	22,3
7	23,0	23,5	23,7	23,0
8	20,3	20,7	20,9	20,9
9	21,0	21,0	21,2	21,5
10	27,0	26,7	26,7	26,9
11	22,0	22,5	22,6	22,7
12	20,3	20,7	20,9	20,9
13	20,3	20,7	20,9	20,9
14	22,3	22,0	22,5	22,3
15	27,0	26,7	26,7	26,9
Rata-rata	20,3	20,7	20,9	20,9

Sumber: Data primer 2024.

Berdasarkan tabel 1 diatas, pengukuran suhu menunjukkan nilai yang fluktuatif atau disebut naik turun. Naik turunnya suhu selama fitormediasi dapat di pengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya yaitu oleh cuaca dan intensitas penyinaran matahari (Rahayuningtyas & Wahyuningsih, 2018). Suhu yang didapatkan selama 15 hari pengukuran yaitu 20,3 °C pada reaktor control, 20,07 °C pada reaktor 5 tanaman, serta 20,9 °C pada reaktor 10 tanaman dan 15 tanaman.

Tabel 2. Pengukuran pH saat Fitormediasi

Hari ke-	Reaktor pH			
	Control	5 tanaman	10 tanaman	15 tanaman
1	6,30	7,20	7,25	7,25
2	6,32	6,42	6,30	6,31
3	6,21	6,30	6,32	6,32
4	6,30	6,35	6,25	6,30
5	6,30	6,21	6,24	6,25
6	6,30	6,18	6,21	6,25
7	6,20	6,25	6,70	6,88
8	6,18	6,38	7,36	7,39
9	6,20	6,39	6,83	6,88
10	6,25	6,48	6,78	6,80
11	6,33	7,30	7,40	7,88
12	6,23	7,20	7,25	7,25
13	6,30	6,35	6,25	6,30
14	6,20	6,25	6,70	6,88
15	6,25	6,48	6,78	6,80
Rata-rata	6,30	6,35	6,78	6,88

Sumber: data primer 2024.

Berdasarkan tabel 3.2 dapat dilihat pengukuran pH dilakukan selama 15 hari yaitu diperoleh pengukuran sebesar 6,30 pada reactor 5 tanaman 6,35, pada reactor 10 tanaman 6,78 dan pada reactor 15 tanaman 6,88. Hasil nilai pH pada keempat reactor menunjukkan hasil sesuai baku mutu yang disyaratkan menurut PP No 22 tahun 2021 Lampiran VI, baku mutu pH air yaitu berkisar 6-9.

Tabel 3. Efisiensi penurunan logam berat Mangan (Mn)

Reaktor	Control (mg/l)	Efektivitas penurunan						Baku Mutu (mg/l)
		Hari ke 5		Hari ke 10		Hari ke 15		
		Penurunan (mg/l)	ef	Penurunan (mg/l)	ef	Penurunan (mg/l)	ef	
5	10,87	4,576	1,094	4,558	1,098	4,547	1,101	5
10	10,87	2,195	2,283	2,184	2,293	2,189	2,293	5
15	10,87	1,056	4,761	1,013	4,950	1,014	4,950	5

Sumber: data primer, 2024.

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.3 dan grafik di atas, pada variasi Jumlah tanaman nilai efisiensi penurunan ke tiga reaktor selalu mengalami kenaikan setiap pengujiannya. Pada reaktor 5 tanaman mendapat nilai efisiensi (57%-59%) Dengan rumpun yang lebih sedikit, tanaman kurang mampu menyerap logam berat Mangan dalam jumlah banyak Namun, tanaman masih dapat tertentu, tetapi daya serapnya kurang efektif dengan rumpun yang lebih banyak pada reaktor 10 tanaman nilai efisiensi sebesar (79%-80%) peningkatan jumlah rumpun dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap logam berat dalam jumlah yang lebih besar dapat meningkatkan efisiensi penyerapan logam berat karena lebih besar untuk menurunkan kadar logam Mangan dalam limbah cair.

Tabel 4. Efektivitas penurunan Logam Mangan (Mn)

Reaktor	Control (mg/l)	Efektivitas penurunan						Baku Mutu (mg/l)
		Hari ke 5		Hari ke 10		Hari ke 15		
		Penurunan (mg/l)	ef	Penurunan (mg/l)	ef	Penurunan (mg/l)	ef	
5	10,87	4,576	1,094	4,558	1,098	4,547	1,101	5
10	10,87	2,195	2,283	2,184	2,293	2,189	2,293	5
15	10,87	1,056	4,761	1,013	4,950	1,014	4,950	5

Sumber: data primer, 2024.

Berdasarkan tabel 4 di atas menunjukkan nilai efektivitas setelah fitormediasi pada ke tiga reactor. Konsentrasi penurunan logam berat mangan juga menunjukkan bahwa penurunan setiap reactor dari hari ke hari menurunkan logam pada limbah cair. Untuk control pada setiap reactor yaitu sebanyak 10,87 mg/l.

Berdasarkan tabel 4 hasil efektivitas atau nilai untuk pencapaian untuk baku mutu logam Mangan pada variasi 5 tanaman 10 tanaman dan 15 tanaman itu memenuhi baku mutu yang diperbolehkan pada limbah cair industri yaitu sebanyak 5 mg/l. Pada variasi waktu 5 hari 10 hari dan 15 hari juga terdapat perbedaan waktu penurunan akan tetapi nilai efektivitas menunjukkan di bawah baku mutu 5 mg/l sehingga variasi jumlah tanaman dan waktu efektif dalam menurunkan logam Mangan pada limbah cair industri tahu dengan metode fitormediasi menggunakan tanaman genjer.

Analisis Data

Uji Normalitas data

Syarat untuk melakukan uji one way ANOVA yaitu data yang di harus berdistribusi normal. Uji normalitas data ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer. Hasil uji normalitas data bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Uji Normalitas Data

Variabel	<i>p-value</i>
5 rumpun (5,10 dan 15 hari)	0,736
10 rumpun (5,10 dan 15 hari)	0,900
15 rumpun (5,10 dan 15 hari)	0,039

Sumber: Data Primer, 2024.

Berdasarkan tabel di atas 5 didapatkan hasil uji normalitas data dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* diperoleh nilai sig. (p) berdasarkan jumlah tanaman 5 rumpun, 10 rumpun dan 15 rumpun dan variasi waktu 5, 10 dn 15 hari terdapat data yang tidak terdistribusi normal nilai lebih kecil dari α 0,05 ($p > \alpha$) sehingga data semua tidak terdistribusi normal.

Tabel 6. Uji *Kruskal-wallis*

Variabel	<i>p-value</i>
Jumlah tanaman 5,10 dan 15 rumpun dan variasi waktu 5,10 dan 15 hari	0,027

Sumber: Data Primer, 2024.

Berdasarkan Tabel 6 hasil menggunakan uji Kruskal-Wallis, pada Variasi jumlah tanaman 5, 10 dan 15 rumpun dan waktu perlakuan tanaman 5, 10 dan 15 hari menunjukkan nilai sig. (ρ) bernilai $0,027 < \alpha (0,05)$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan pada setiap variasi jumlah tanaman dan waktu perlakuan yang diberikan dalam menurunkan logam berat Mangan pada limbah cair tahu diberikan dalam menurunkan logam berat Mangan pada limbah cair tahu.

DISKUSI

Pengukuran suhu dan pH saat fitoremediasi

Proses fitoremediasi juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti pH dan suhu. pH dan suhu dalam fitoremediasi dapat mempengaruhi metabolisme dan proses fotosintesis tanaman air. pH dan suhu memiliki dampak yang sangat kuat, Pengaruh pentingnya pH dan suhu pada tanaman yaitu tanaman tidak mampu menyerap nutrisi dari larutan apabila pH larutan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan.

pH air limbah pada saat fitoremediasi rata-rata 6-7 hal ini masih dalam batas maksimum untuk pH yang di anjurkan dalam proses fitoremediasi Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menetapkan kadar pH untuk limbah cair industry golongan II pH yang diperbolehkan adalah 6-9 dan pH optimum untuk pertumbuhan tanaman adalah 6-8. Nilai pH akan mempengaruhi kelarutan logam berat timbal karena kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam, begitu pula sebaliknya. Penurunan pH pada perairan Berbeda dengan suhu ruangan pada laboratorium dimana saat fitoremediasi suhu ruangan laboratorium mencapai 20 oC.

Tinggi suhu mempengaruhi kadar oksigen pada media tanam. Semakin tinggi suhu maka kadar oksigen semakin berkurang, begitu pula sebaliknya (Haryati dkk, 2018). Menurut Yunita dan Priyanti (2020) suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman di dataran rendah adalah 26 °C -28,5 °C dan tidak melebihi suhu 37 °C . Selama penelitian fitoremediasi dari hari ke- 1 sampai hari ke-15 perubahan suhu yang terjadi berfluktuasi yaitu dengan rentang 20.0 °C – 26.9 °C (Kurniawan, 2022).

Menurut Hidayat dalam Ikawati, semakin tinggi suhu lingkungan, maka kemampuan tanaman dalam menyerap ion akan semakin meningkat. Suhu 25-30°C merupakan suhu yang optimum untuk proses fitoremediasi tumbuhan air. Selain mempengaruhi laju transpirasi, suhu juga mempengaruhi kadar oksigen dalam air hal ini dapat menyebabkan kondisi tanaman layu dan kering (Nadhifah, 2019).

Perbedaan pada setiap variasi jumlah tanaman dan waktu perlakuan yang diberikan dalam menurunkan logam berat Mangan pada limbah cair tahu.

Efektivitas dan efisiensi Daya Serap Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) Dalam Menurunkan Logam Berat Mangan berdasarkan variasi jumlah Tanaman 5, 10, da 15 rumpun dan variasi waktu 5,10 dan 15 hari.

Metode fitoremediasi menggunakan tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dapat menurunkan kadar logam mangan pada limbah cair tahu. Hasil ditunjukkan pada tabel 4.3 dan gambar 4.3, dimana efektivitas dan efisiensi penurunan ke tiga reactor tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) selalu mengalami penurunan logam mangan setiap pengujiannya.

Pada reaktor 5 rumpun mendapat nilai efisiensi (57%-59%) penggunaan tanaman lebih sedikit kurang mampu menyerap logam berat mangan dalam jumlah banyak. Pada reaktor 10 rumpun nilai efisiensi sebesar (79%-80%) peningkatan jumlah rumpun dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap logam berat dalam jumlah yang lebih besar. Nilai efisiensi pada reaktor 15 rumpun lebih besar penyerapan logam berat yaitu mencapai (90%-91%) dimana penggunaan rumpun yang lebih banyak dapat menyerap logam mangan lebih besar.

Penurunan kadar logam mangan pada 5 hari mengalami penurunan yang cukup signifikan. Pada hari ke 5 logam banyak terserap meskipun pada hari ke 10 dan 15 mengalami penurunan tetapi hanya mengalami penurunan 1 persen. Hal ini banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya dipengaruhi oleh suhu ruangan pada laboratorium dimana 20 °C sehingga pada hari ke 10 dan 15 tanaman Genjer layu bahkan sampai kering.

Pengamatan morfologi terlihat pada kondisi fisik tanaman genjer (*Limnocharis flava*) selama perlakuan berlangsung. Seiring bertambahnya waktu lama kontak tanaman terhadap limbah cair tahu masing-masing tanaman mengalami perubahan warna pada hari ke 6. Tanaman mulai menunjukkan gejala klorosis yaitu daun berubah warna semula hijau menjadi kuning layu kecoklatan. Klorosis dapat terjadi karena logam berat menghambat kerja enzim yang mengkatalisis sintesis klorofil. Selain itu tanaman berada pada kondisi lingkungan yang kurang nutrisi. Beberapa tanaman juga menggugurkan daun. Hal ini terjadi karena logam yang sudah masuk ke dalam tubuh tanaman akan diekskresikan dengan cara menggugurkan daun yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam pada limbah cair.

Tanaman genjer merupakan tumbuhan air yang memiliki kemampuan untuk mereduksi logam berat. Tanaman ini mampu mereduksi logam berat karena memiliki protein fitokelatin, Protein tersebut berfungsi sebagai senyawa pengikat logam berat, sehingga semakin banyak yang digunakan maka semakin banyak protein fitokelatin yang berada di dalam tubuh tanaman untuk mengikat logam berat (Trisnaini, 2021).

Hasil Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang Dilakukan (Herlambang, 2020) Dimana tanaman genjer (*Limnocharis Flava*) lebih efektif menurunkan Kadar Phospat Sebesar 65.45% dengan jumlah 8 tanaman di bandingkan 3 tanaman dan 5 tanaman (Kurniawan, 2022).

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh (Lidiana, 2022) Dimana tanaman gejer dengan variasi jumlah tanaman 5 rumpun, 10 dan 15 rumpun nilai efisiensi penurunan yang didapatkan pada hari ketujuh, sama besarnya dengan reaktor 5, 10 dan 15 tanaman, yaitu 99,61%. Kesamaan hasil akhir efisiensi pada ketiga reaktor tersebut, dapat disebabkan oleh faktor suhu pada setiap reaktor yaitu 23 °C (Lidiana, 2022).

Waktu dan jumlah dalam penyerapan logam sangat mempengaruhi jumlah logam yang diserap oleh tumbuhan, semakin lama waktu penyerapan, maka semakin besar pula logam diserap oleh tumbuhan air. Namun faktor ini berlaku apabila tumbuhan air belum mencapai titik jenuh sehingga berapapun waktu kontak berikutnya apabila telah mencapai titik jenuh maka tumbuhan air tidak akan mampu menyerap logam Mangan secara optimal (Leka, 2024).

Sejalan dengan penelitian yang di lakukan oleh (Yusuf, 2019) Dimana menggunakan variasi waktu 1 minggu 2 minggu 3 minggu dan 4 minggu hasil menunjukkan penyerapan logam efektif pada minggu pertamam pada minggu berikutnya tanaman genjer mati.

Penelitian ini sejalan juga dengan yang dilakukan oleh (Oktavia, 2019) Dimana tanaman genjer menurunkan konsentrasi Cd pada hari ke 3 sangat tajam bila dibandingkan dengan penurunan yang terjadi setelah perlakuan hari ke 3.

Nilai efektivitas yang didapat dari 3 reaktor tersebut menunjukkan hasil perbandingan output target (baku mutu Mangan) dengan output penelitian (konsentrasi Mangan setelah fitoremediasi) Lebih dari angka 1. Hal ini membuktikan tanaman genjer efektif dalam menurunkan logam berat Mangan. Diperkuat oleh hasil akhir konsentrasi logam Mangan yang sesuai dengan Keputusan ditentukan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menetapkan kadar logam mangan pada limbah cair industry sebanyak 5 mg/l.

KESIMPULAN

Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) efektif dalam menurunkan logam berat Mangan (Mn) pada limbah cair tahu dengan variasi jumlah tanaman 5 rumpun, 10 rumpun dan 15 rumpun. Hal ini dibuktikan dengan uji statistic menggunakan Kruskal-wallis yaitu nilai $p\text{-value}=0,027<0,05$ disimpulkan bahwa ada perbedaan variasi jumlah tanaman dalam menurunkan logam berat Mangan (Mn).

Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) efektif dalam menurunkan logam berat Mangan (Mn) pada limbah cair tahu dengan variasi waktu perlakuan 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Hal ini dibuktikan dengan uji statistic menggunakan Kruskal-wallis yaitu nilai $p\text{-value}=0,027<0,05$ disimpulkan bahwa ada perbedaan variasi jumlah tanaman dalam menurunkan logam berat Mangan (Mn).

SARAN

Bagi Akademis, dapat digunakan untuk menambah pengetahuan, wawasan dan sumber referensi tentang pemanfaatan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai fitoremediator untuk menurunkan logam berat timbal dan mangan dalam limbah cair tahu.

Pemilik Industri Tahu, diharapkan bagi pemilik industry tahu dapat menggunakan tanaman genjer sebagai alat alternatif untuk mengurangi Logam berat pada limbah cair yang sudah tercemar. Mengingat banyak limbah dibuang ke Sungai tanpa pengolahan sebelumnya.

Bagi peneliti selanjutnya agar bisa mengembangkan penelitian ini dengan menggunakan variasi waktu yang lebih lama dan juga variasi jumlah tanaman yang lebih banyak agar dapat melihat perbedaan yang lebih signifikan dalam menurunkan logam berat serta Perlu dilakukan analisis akumulasi logam berat yang terserap pada tubuh tanaman agar mendapatkan data yang lebih variatif dan lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldi, Y., Putri, H. J., & Utami, R. T. (2023). *In Vitro Anti-Inflammatory Test Of Genjer Leaf Extract (Limnocharis Flava)*. *Formosa Journal Of Sustainable Research*, 2(5), 1217–1226.
- Amalia, S., Fasya, A. G., Hasanah, U., & Hs, M. R. A. (2023). *Fitoremediasi Logam Tembaga Oleh Tanaman Genjer (Limnocharis Flava) Dan Hydrilla Verticillata Berdasarkan Variasi Konsentrasi*. *Alchemy: Journal Of Chemistry*, 11(2), 43–50.
- Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., Lestari, W. W., & Widjonarko, D. M. (2021). *Pengolahan Limbah Tahu Dan Potensinya*. *Proceeding Of Chemistry Conferences*, 6, 27–33.
- Deckanio, A., Mega Pratiwi, A., Ililiyun, D., Nuriyah, S., & Dewi Cahyani, T. (2023). *Analisis Persepsi Masyarakat Terhadap Pencemaran Limbah Industri Pt. S Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Kondisi Lingkungan*. Achmad Deckanio, Dkk Madani: *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(4), 2986–6340. <https://doi.org/10.5281/Zenodo.7950657>
- Evert, J., Liku, A., Mulya, W., Sipahutar, M. K., Iin, & Sari, P. (2022). *Mengidentifikasi Sumber Pencemaran Air Limbah Di Tempat Kerja*.
- 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).
- Febriani, H., Puspitasari, D. J., & Sosidi, H. (2021). *Adsorpsi Ion Logam Cu (Ii) Menggunakan Biomassa Daun Genjer (Limnocharis Flava)*. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 7(2), 131–136.
- Feby Andarista, F., Huda, M., & Dewati, R. (2023). *Adsorpsi Logam Timbal Pada Limbah Cair*

- Artifisial Menggunakan Arang Aktif Eceng Gondok*. In Jurnal Teknik Kimia (Vol. 18, Issue 1). Hasanah, I., Aini, S. D. N., Sulistyani, L., & Mulyaningrum, E. R. (2021). *Studi Tanaman Akuatik Di Desa Rowosari Yang Berpotensi Sebagai Agen Fitoremediasi Pencemaran Air Dalam Menurunkan Kadar Bod*. Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship, 1(1).
- Hm, E. I. R., & Setiawati, T. C. (2023). *Perbaikan Beberapa Karakteristik Limbah Cair Tahu Menggunakan Variasi Jumlah Tanaman Kangkung (Ipomoea Aquatica) Dan Tanaman Kiambang (Pistia Stratiotes)*. Berkala Ilmiah Pertanian, 6(1), 8–12.
- Irawanto, R., & Prastiwi, E. A. (2019). *Persepsi Penerapan Fitoremediasi Melalui Taman Tematik Akuatik Di Kebun Raya Purwodadi*. Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, And Learning, 16(1), 229–234.
- Khotimah, S. N., Mardhotillah, N. A., & Arifaini, N. (2021). *Karakterisasi Limbah Cair Greywater Pada Level Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Emisi*. Jurnal Saintis, 21(02), 71–78.
- Kurniawan, F. (2022a). *Overview Metode Fitoremediasi Terhadap Penyerapan Logam Berat Pada Air Terkontaminasi Menggunakan Jenis Tumbuhan Air*. Retii, 247–254.
- Leka, E. (2024). *Metode Fitoremediasi Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara (Fe Dan Mn) Berdasarkan Literatur Review*. Chemviro: Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan (Jkil), 2(1), 91–98.
- Lestari, F. I. (2023). *Fitoremediasi Dengan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Terhadap Konsentrasi Kadmium (Cd) Pada Limbah Air Lindi Tpa Putri Cempo Surakarta*.
- Lidiana, R., Suprayogi, D., & Nengse, S. (N.D.). *Kemampuan Tanaman Genjer (Limnocharis Flava) Dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Timbal Pada Air Limbah Artifisial*. Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), 8(1).
- Maryam, A., Dian Sari, Dan, Negeri Sambas Jalan Raya Sejangkung, P., & Kalimantan Barat, S. (2020). *Limbah Cair Tahu (Whey) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Nata De Soya Di Industri Tahu Desa Dalam Kaum Sambas*. 4(2).
- Monique, P. Y. (2020). *Fitoakumulasi Ion Logam Fe (Iii) Dan Mn (Ii) Oleh Tanaman Bayam Merah (Amaranthus Tricolor. L) Pada Tanah Tercemar*.
- Mulya, M. P., Muhammad, D., & Maryani, A. T. (2020). *Pemanfaatan Tumbuhan Air (Hydrilla Verticillata) Dalam Meningkatkan Karakteristik Limbah Cair Tahu Dengan Metode Biofiltrasi*. Jurnal Pembangunan Berkelanjutan, 3(1), 1–10.
- Musapana, S., Dewi, E. R. S., & Rahayu, R. C. (2020). *Efektivitas Semanggi Air (Marsilea Crenata) Terhadap Kadar Tss Pada Fitoremediasi Limbah Cair Tahu*. Florea:Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya, 7(2), 92. <https://doi.org/10.25273/Florea.V7i2.7645>
- Nadhifah, I. I., Fajarwati, P., & Sulistiyowati, E. (2019). *Fitoremediasi Dengan Wetland System Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes), Genjer (Limnocharis Flava), Dan Semanggi (Marsilea Crenata) Untuk Mengolah Air Limbah Domestik*. Al-Kauniyah: Jurnal Biologi, 12(1), 38–45.
- Napitupulu, L. S., & Purwanti, I. F. (2022). *Kajian Fitostabilisasi Limbah Hasil Tambang Tembaga (Tailing)*. Jurnal Teknik Its, 11(3), F99–F104.
- Novindri, M. R., Hidayani, S., & Lubis, E. Z. (2020). *Penerapan Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 Dalam Pengelolaan Limbah Cair Di Usaha Dagang Tahu Jawa (Studi Kasus Di Pabrik Tahu Usaha Dagang Jawa)*. Juncto: Jurnal Ilmiah Hukum, 2(1), 60–67.
- Nurjanah, S., & Mulyawan, I. (2019). *Analisis Kadar Besi Dan Mangan Dalam Limbah Industri Dengan Icp-Aes Sebelum Didegradasi Dengan Reaktor Fotokatalitik Film Titania Menjadi Air Bersih*. Majalah Ilmiah Teknologi Industri (Sainti), 16(1), 1–6.
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021a). *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>

- Perkasa, A. Y., & Petropoulos, S. (2020). "Genjer" Yellow Velvetleaf Used As Indigenous Vegetable In Indonesia. *Anatolian Journal Of Botany*, 4(1), 76–79. <https://doi.org/10.30616/Ajb.710777>
- Pranama, H. F., Filany, D. E., Dewi, A. W. F., Tikasari, J., Warisman, A. N. P., Zuhriyah, F., Dewi, E. R. S., & Nurwahyunani, A. (2023). *Efektivitas Semanggi Air (Marsilea Crenata) Terhadap Kadar Tss Pada Fitoremediasi Limbah Cair*. *Jurnal Salome: Multidisipliner Keilmuan*, 1(4), 227–236.
- Prasadhana, E. R., Arumsari, A., & Kurniaty, N. (2019). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Tanaman Genjer (Limnocharis Flava (L.) Buchenau) Terhadap Bakteri Escherichia Coli Dan Bacillus Subtilis*. *Prosiding Farmasi*, 680–685.
- Prasetya, N. E., Eka Putra, R., & Viridi, S. (2022). *Rancangan Mini Ekosistem Bagi Budi Daya Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Dan Tanaman Genjer (Limnocharis Flava) Di Dalam Ember Yang Dilengkapi Dengan Sistem Peringatan Amonia*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 95–102. <https://doi.org/10.18343/Jipi.27.1.95>
- Pratiwi, N. T. M., Ayu, I. P., Utomo, I. D. K., & Maulidiya, I. (2019). *Keberhasilan Hidup Tumbuhan Air Genjer (Limnocharis Flava) Dan Kangkung (Ipomoea Aquatica) Dalam Media Tumbuh Dengan Sumber Nutrien Limbah Tahu*. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(2).
- Soheti, P., & Marisi, D. P. (2020). *Fitoremediasi Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Untuk Menurunkan Kadar Torium*. *Eksplorium: Buletin Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir*, 41(2), 139–150.
- Solahudin, D., & Sari, P. A. (2023a). *Kajian Fitoremediasi Berkelanjutan: Sumber Cemaran, Jenis Tanaman Dan Pemusnahan*. *Prosiding Sains Dan Teknologi*, 2(1), 506–513.
- Sukreni, T., Nuraliyah, A., Thamrin, D., Khasanah, F. N., Untari, D. T., Pertiwi, R., & Ningsih, R. (2023). *Pelatihan Pengolahan Limbah Cair Tahu Bagi Pengelola Industri Tahu Di Mangunjaya*. *Swarna: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(7), 771–778. <https://doi.org/10.55681/Swarna.V2i7.754>
- Trisnaini, M. Y. (2021). *Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Tanaman Genjer (Limnocharis Flava L.) Dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.)*.