

# Efektivitas Tumbuhan Mata Lele (*Lemna minor* L.) dengan Kombinasi Probiotik dalam Menurunkan Kadar Amonia dan Fosfat pada Air Kolam Budidaya Ikan Lele

Fathiya Ulfa Nurrasyida<sup>1</sup>, Sri Kasmiyati<sup>1\*</sup>, dan Sucahyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana; e-mail: [kas@uksw.edu](mailto:kas@uksw.edu)

## ABSTRAK

Kegiatan budidaya ikan lele dalam pemeliharaannya menghasilkan amonia dan fosfat yang tinggi. Kadar amonia dan fosfat yang berasal dari feces ikan dan sisa pakan mempengaruhi kualitas perairan dan kelangsungan hidup ikan lele. Tumbuhan air *Lemna minor* diketahui mampu memanfaatkan unsur hara terutama N dan P sebagai nutrient untuk pertumbuhannya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektivitas *Lemna minor* dengan kombinasi probiotik sebagai agen bioremediasi dalam menurunkan amonia dan fosfat pada air kolam budidaya ikan lele. Parameter kualitas air yang diukur berupa amonia, fosfat, BOD, total padatan terlarut (TDS), oksigen terlarut (DO), suhu, dan pH. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan two-way ANOVA dilanjutkan dengan uji *Duncan Multirange Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan tumbuhan *Lemna minor* mampu menurunkan kadar amonia, fosfat dan BOD pada media perlakuan dengan nilai efisiensi penurunan berkisar antara 70,06%-91,81% (amonia), 73,5%-92,6% (fosfat), 28,8%-42,8% (BOD). Kombinasi antara tumbuhan *Lemna minor* dan probiotik meningkatkan efektivitas dalam menurunkan amonia dan fosfat pada air kolam budidaya ikan lele.

**Kata kunci:** bioremediasi, *Lemna minor*, amonia, fosfat, probiotik

## ABSTRACT

Catfish cultivation activities in their maintenance produce high levels of ammonia and phosphate. Ammonia and phosphate levels originating from fish feces and food waste affect water quality and the survival of catfish. The aquatic plant *Lemna minor* is known to be able to utilize nutrients, especially N and P as nutrients for its growth. This study aims to determine the effectiveness of *Lemna minor* in combination with probiotics as a bioremediation agent in reducing ammonia and phosphate in catfish cultivation pond water. The water quality parameters measured are ammonia, phosphate, BOD, total dissolved solids (TDS), dissolved oxygen (DO), temperature and pH. The research was carried out experimentally using a Completely Randomized Design (CRD) with two factors. The data obtained were analyzed using two-way ANOVA followed by the Duncan Multirange Test (DMRT). The results of the research showed that *Lemna minor* plants were able to reduce levels of ammonia, phosphate and BOD in the treatment media with reduction efficiency values ranging between 70.06%-91.81% (ammonia), 73.5%-92.6% (phosphate), 28.8%-42.8% (BOD). The combination of *Lemna minor* plants and probiotics increases effectiveness in reducing ammonia and phosphate in catfish farming pond water.

**Keywords:** bioremediation, *Lemna minor*, ammonia, phosphate, probiotics

**Citation:** Nurrasyida, F. U., Kasmiyati, S., dan Sucahyo. (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, doi:10.14710/jil.22.5.1108-1113

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan budidaya ikan lele memerlukan pengelolaan kualitas air yang baik untuk menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan yang dipelihara. Keberhasilan budi daya ikan lele sebagian besar dipengaruhi oleh kualitas air kolam. Sumber air yang digunakan harus memenuhi standar parameter fisika kimia untuk kegiatan budi daya ikan. Sumber air untuk usaha pembenihan harus bersih dan jernih (Mahyuddin, 2008).

Namun, kondisi air pada kolam budidaya ikan lele selama masa pemeliharaan dapat mengalami perubahan kualitas air. Budi daya dengan padat tebar tinggi dan manajemen pakan yang buruk akan menurunkan kualitas air (Aqarista dkk., 2012). Hal tersebut dikarenakan adanya akumulasi bahan organik dan anorganik dari hasil metabolisme dan sisa pakan yang tidak termakan (Lestari dkk., 2015). Dari banyaknya jumlah pakan yang diberikan ke ikan, hanya 20-30% nutrisi yang akan diserap oleh ikan.

Sedangkan, sisanya akan dibuang dan terakumulasi dalam perairan (Avnimelech, 2006).

Amonia pada perairan dapat ditemukan dalam bentuk amonia total atau TAN yang terdiri dari amonia bebas (NH<sub>3</sub>) dan ion amonia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). (Francis-Floyd *et al.*, 2009). Konsentrasi amonia yang tinggi pada suatu perairan dapat mempengaruhi kehidupan biota akuatik seperti terjadinya penurunan reproduksi, laju pertumbuhan dan kekebalan tubuh biota akuatik (Summerfelt, 2004).

Fosfor dalam pakan hanya dimanfaatkan ikan sekitar 17-40%, sementara sisanya akan dikeluarkan dari tubuh ikan dan terakumulasi ke badan air (Syam *et al.*, 2019). Fosfor yang terdapat di air umumnya berbentuk fosfat. Konsentrasi fosfat yang tinggi akan mengganggu metabolisme ikan bahkan menyebabkan kematian pada ikan (Caesar *et al.*, 2021).

Salah satu upaya untuk meremediasi amonia dan fosfat pada kolam budidaya ikan lele adalah dengan bioremediasi. Bioremediasi merupakan suatu teknik yang dinilai efektif untuk pengelolaan kualitas air dengan cara memanfaatkan tumbuhan dan aktivitas mikroorganisme (Saputra *et al.*, 2016). Keunggulan teknologi ini murah, mudah, dan memberikan dampak negatif relatif kecil (Astuti dan Indriatmoko, 2018).

Banyak jenis tanaman yang telah digunakan dalam penelitian sebagai agen bioremediasi, seperti contohnya adalah tanaman mata lele (*Lemna minor* L.). *Lemna minor* merupakan tumbuhan air berukuran kecil dan dapat ditemukan hidup mengapung bebas di perairan yang mempunyai pH sekitar 5-9 dan suhu antara 6 hingga 33°C (Xu dan Chang, 2017). *Lemna minor* dapat memanfaatkan unsur N dan P di dalam air kolam sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya dan bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang buruk (Amalia, 2014). Saputra *et al.* (2021) menunjukkan bahwa *Lemna* sp. mempunyai potensi dalam mereduksi amonia pada limbah budidaya ikan.

Probiotik sebagai mikroorganisme yang menguntungkan diduga dapat berperan membantu organisme inang dalam merespon terhadap perubahan kualitas pada perairan. Probiotik dapat digunakan untuk mendekomposisi zat beracun dan sisa pakan yang berpotensi menarik mikroba patogen dan makroflora yang tidak diinginkan (Helmy *et al.*, 2020). Probiotik EM4 (*Effective Microorganism 4*) mengandung *Lactobacillus* sp., *Acetobacter* sp., *Streptomyces* sp., dan *Yeast* (Haryasakti *et al.*, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut dapat diduga bahwa tumbuhan air *Lemna minor* dengan kombinasi probiotik dapat lebih efektif dalam menurunkan kadar amonia dan fosfat pada air kolam budidaya ikan lele. *Lemna minor* dapat memanfaatkan unsur N dan P di dalam air kolam sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya dan bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang buruk (Amalia, 2014). *Lemna* sp. dapat berperan sebagai agen fitoremediasi pada kolam budidaya ikan lele (Setiadi *et al.*, 2022). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari

efektivitas tumbuhan *Lemna minor* dengan kombinasi probiotik dalam menurunkan kadar amonia dan fosfat pada air kolam budidaya ikan lele.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Agustus 2023. Kegiatan penelitian dilaksanakan di *green house* dan Laboratorium Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi air kolam budidaya ikan lele (10%, 25%, 50%) dan konsentrasi probiotik dalam bentuk EM4 (*Effective Microorganism*) yang dijual di pasaran sebesar 0 ppm dan 1 ppm. Setiap perlakuan masing-masing dengan 6 kali ulangan.

Data hasil dari penelitian dianalisis dengan uji normalitas dan homogenitas sebelum dilakukan uji Analisis Ragam (ANOVA). Selanjutnya dilakukan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) taraf 5% untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan pada interaksi perlakuan pada penelitian ini.

Tahapan penelitian dimulai dengan proses aklimatisasi tumbuhan *Lemna minor*. Tumbuhan *Lemna minor* yang digunakan diperoleh dari daerah persawahan di sekitar Rawa Pening Kabupaten Semarang. Tumbuhan dimasukkan ke dalam akuarium berukuran 25x15x15 cm yang berisi air bersih selama 5 hari. Sampel air kolam ikan lele diambil dari Kawasan Budidaya Ikan Terpadu di Dusun Pulutan, Kota Salatiga. Budidaya ikan lele dilakukan secara intensif dengan kolam tembok/beton. Budidaya lele menggunakan sistem *water natural* dengan kepadatan sekitar 1000-1500 ekor. Saat pengambilan sampel air kolam, umur lele sekitar 2 bulan dengan berat rata-rata sekitar 50-70 gram. Pakan berbentuk pellet dengan kandungan protein sekitar 30-35%, diberikan dengan cara ditebarkan sehari 2 kali (pagi dan sore). Sampel air diuji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat fisika kimia air sebelum perlakuan. Tumbuhan *Lemna minor* dengan berat basah sebesar 1 gram kemudian dimasukkan ke dalam akuarium dengan masing-masing perlakuan.

Pengukuran suhu, pH, DO dan TDS dilakukan setiap 3 hari. Sedangkan, pengukuran biomassa basah *Lemna minor* dan pengujian kadar amonia, fosfat, dan BOD dilakukan pada awal dan setelah perlakuan selama 21 hari. Analisis kadar amonia dilakukan sesuai dengan regulasi SNI 06-6989.30-2005 dan fosfat dengan regulasi SNI 06-6989.31-2005 menggunakan alat spektrofotometer.

Parameter penelitian yang diamati adalah penurunan kadar amonia dan fosfat pada perlakuan dengan menghitung nilai efisiensinya. Pengukuran efisiensi penurunan kadar dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{(\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir})}{\text{Kadar awal}} \times 100 \%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Air Kolam Budidaya Ikan Lele

Pengukuran karakteristik air kolam budidaya ikan lele dilakukan untuk mengetahui sifat fisika kimia air sebelum diberikan perlakuan. Hasil pengukuran karakteristik menunjukkan bahwa beberapa parameter seperti BOD, amonia, dan fosfat mempunyai nilai yang lebih tinggi dari baku mutu yang ditetapkan, sedangkan parameter lainnya masih berada pada standar baku mutu (Tabel 1).

3.2. Penurunan Amonia, Fosfat dan BOD

Pengaruh *Lemna minor* dengan berbagai perlakuan terhadap air kolam budidaya ikan lele setelah dilakukan proses bioremediasi selama 21 hari menunjukkan bahwa terdapat penurunan pada amonia, fosfat, dan BOD (Tabel 2). Penurunan kadar amonia terbesar terjadi pada perlakuan L50P1 (50% konsentrasi air kolam dan 1 ppm probiotik). Hal tersebut juga terjadi pada parameter fosfat dan BOD dimana penurunan terbesar terdapat pada perlakuan konsentrasi air kolam 50%.

Menurut Cedergreen dan Madsen (2002), tumbuhan *Lemna sp.* mempunyai kemampuan untuk menyerap NH<sub>4</sub><sup>+</sup> melalui bagian akar dan daun. Sesuai dengan pernyataan Wulandari (2023), penurunan kadar amonia terjadi karena adanya interaksi antara tumbuhan dengan mikroorganisme yang merombak amonia menjadi nitrat dan nitrit untuk dimanfaatkan oleh tumbuhan melalui akar. Nutrient yang diserap oleh *Lemna minor* disimpan di jaringan tubuh dalam bentuk protein dan kemudian akan digunakan untuk pertumbuhan dan bertahan hidup pada berbagai kondisi lingkungan (Saputra dkk., 2021).

Fosfat merupakan salah satu unsur utama untuk pertumbuhan *Lemna minor*. Penyerapan fosfat oleh tumbuhan *Lemna minor* dilakukan dengan mengakumulasi fosfat pada bagian akarnya yang kemudian akan digunakan untuk pertumbuhannya (Silviana dan Rachmadiarti, 2023). Tingginya penyerapan fosfat mengakibatkan *Lemna minor*

mempunyai pertumbuhan yang cepat (Nopriani *et al.*, 2016).

BOD mengalami penurunan disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman *Lemna minor*. Materi organik mengalami proses penguraian oleh mikroorganisme (Sutrisno *et al.*, 2010). Aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan mampu meningkatkan nilai oksigen terlarut dalam air sehingga mikroorganisme dapat menguraikan materi organik (Nuraini dan Felani, 2015).

Konsentrasi awal air kolam pada media tanam berpengaruh terhadap penurunan amonia, fosfat, dan BOD. Semakin besar konsentrasi air kolam maka semakin besar pula konsentrasi unsur yang akan diserap oleh *Lemna minor*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Silviana dan Rachmadiarti (2023), kecepatan suatu tumbuhan dalam menyerap unsur tertentu akan dipengaruhi oleh konsentrasi unsur tersebut. Semakin tinggi konsentrasi unsur dalam perairan maka akan semakin tinggi juga penyerapan oleh tumbuhan. Pada penelitian Zhang *et al.* (2013) mengatakan bahwa tingkat penyerapan maksimum amonia oleh tanaman *Lemna minor* mencapai kisaran 10-14 mg/L. Konsentrasi fosfat yang bisa diserap oleh *Lemna minor* untuk pertumbuhan optimal yaitu 4 dan 22 mg/L (Iqbal *et al.*, 2019).

Probiotik juga memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar parameter yang diuji. Perlakuan dengan probiotik menurunkan kadar amonia dan fosfat lebih besar dibandingkan dengan perlakuan tanpa probiotik. Hal ini sejalan dengan penelitian Saputra dkk. (2016) bahwa adanya mikroorganisme dapat membantu tumbuhan *Lemna minor* dalam menurunkan kadar amonia dan menghasilkan efektivitas yang tinggi. Burska *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa penambahan probiotik mendukung terjadinya penurunan fosfat pada media perlakuan. Sedangkan, penurunan BOD pada perlakuan dengan probiotik dan tanpa probiotik menunjukkan nilai yang hampir sama.

Tabel 1. Pengukuran Karakteristik Awal Air Kolam Budidaya Ikan Lele

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
Suhu	°C	27,5	20-30 (2)
pH	-	7,24	6-9 (1)
TDS	mg/L	245	<1000 (1)
DO	mg/L	7,8	>4 (1)
BOD	mg/L	3,3	<3 (1)
Amonia	mg/L	1,9	<0,8 (2)
Fosfat	mg/L	0,3	<0,2 (1)

Keterangan : 1. PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, 2. Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar

Tabel 2. Konsentrasi Amonia, Fosfat dan BOD Air Kolam Budidaya Lele setelah Diberi Perlakuan Lemna minor dan Probiotik selama 21 Hari (Akhir Penelitian)

Perlakuan	Amonia (mg/L)	Fosfat (mg/L)	BOD5 (mg/L)
L10P0	0,118±0,013 b	0,003±0,001c	1,800±0,179abc
L10P1	0,081±0,006 c	0,002±0,001d	1,617±0,117d
L25P0	0,164±0,037 a	0,007±0,002 b	1,917±0,117a
L25P1	0,092±0,013 c	0,004±0,001c	1,767±0,137bc
L50P0	0,174±0,012 a	0,008±0,001a	1,883±0,117ab
L50P1	0,122±0,044 b	0,003±0,001c	1,733±0,175cd

Keterangan : Perbedaan huruf dalam kolom menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut uji Tukey.

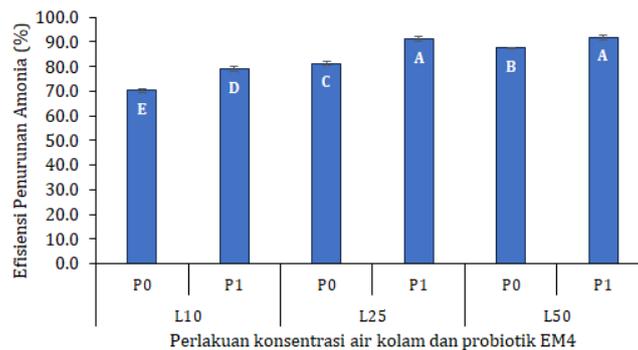
### 3.3. Efisiensi Penurunan Amonia, Fosfat dan BOD

Efisiensi penurunan kadar amonia air kolam budidaya ikan lele tertinggi terdapat pada perlakuan L50P1 (50% konsentrasi air kolam dan 1 ppm probiotik) yaitu 91,81% dan terendah pada perlakuan L10P0 (10% konsentrasi air kolam dan 0 ppm probiotik) yaitu 70,06% (**Gambar 1**).

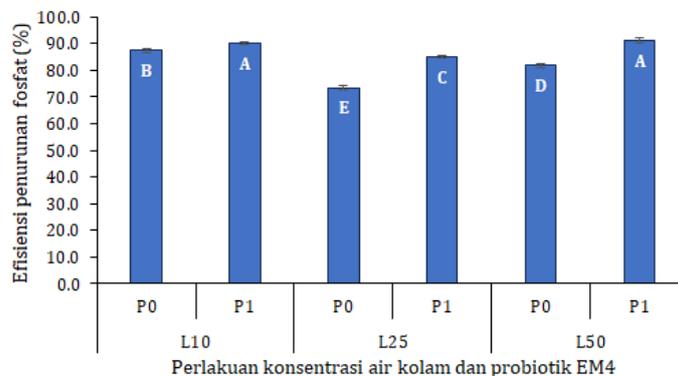
Pada penelitian Aziz *et al.* (2020) menunjukkan efisiensi penurunan kadar amonia mencapai 80,4% setelah 8 hari pengamatan. Sejalan dengan pernyataan El-Kheir *et al.* (2007) bahwa *Lemna* sp. mempunyai kemampuan menurunkan kadar amonia dengan efisiensi tinggi mencapai 82,0%.

Efisiensi penurunan kadar fosfat tertinggi terdapat pada perlakuan L50P1 yaitu 92,6% dan terendah terdapat pada perlakuan L25P0 (25% konsentrasi air kolam dan 0 ppm probiotik) yaitu 73,5% (**Gambar 2**).

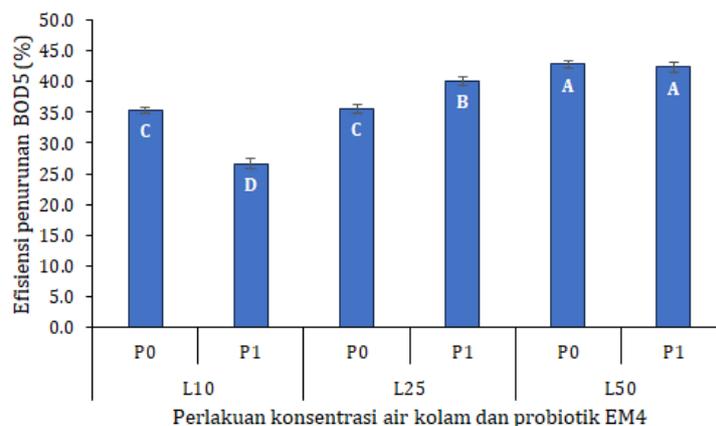
Pada penelitian Priya *et al.* (2012) menyatakan bahwa *Lemna minor* dapat menurunkan fosfat dengan efisiensi mencapai 79,39%. Selvarani *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa *Lemna minor* pada media air mempunyai nilai efisiensi penurunan fosfat mencapai 96%. *Lemna minor* juga diketahui mampu menghilangkan sekitar 70% fosfat dalam waktu 14 hari pada air limbah (Kamyab *et al.*, 2017).



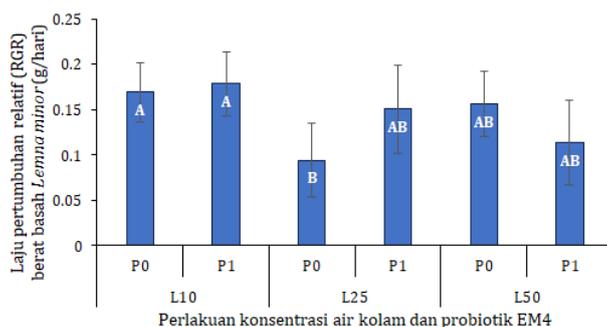
**Gambar 1.** Efisiensi Penurunan Amonia



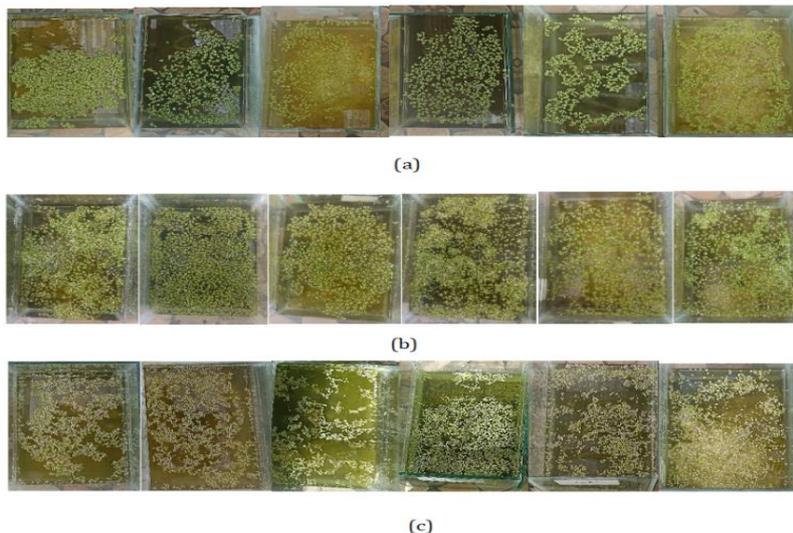
**Gambar 2.** Efisiensi Penurunan Fosfat



**Gambar 3.** Efisiensi Penurunan BOD



Gambar 4. Laju Pertumbuhan Relatif (RGR) *Lemna minor*



Gambar 5. Pengamatan tumbuhan *Lemna minor* (a) Hari ke-7 (b) Hari ke-14 (c) Hari ke-21; Dari kiri ke kanan : Perlakuan L10P0, L10P1, L25P0, L25P1, L50P0, dan L50P1

Efisiensi penurunan nilai BOD tertinggi terdapat pada perlakuan L50P0 yaitu 42,8% dan terendah terdapat pada perlakuan L10P1 (10% konsentrasi air kolam dan 1 ppm probiotik) yaitu 28,8% (Gambar 3).

Pada penelitian As'ari dkk. (2022), efisiensi penurunan BOD oleh tumbuhan berkisar antara 29% - 53%. Sedangkan, pada penelitian Selvarani *et al.* (2015) efisiensi penurunan BOD berkisar antara 38% - 79%. Perbedaan nilai efisiensi penurunan dapat disebabkan karena media air dan kondisi lingkungan yang berbeda sehingga mempengaruhi kemampuan *Lemna minor* dalam mengurai materi organik.

### 3.4. Pertumbuhan *Lemna minor*

Data pertumbuhan *Lemna minor* sebelum perlakuan (hari ke-0) dan setelah perlakuan (hari ke-21) kemudian dihitung laju pertumbuhan relatif (RGR) (Gambar 4). Perhitungan RGR merupakan metode umum yang digunakan untuk mengukur laju pertumbuhan tanaman. Menurut Astuti dan Indriatmoko (2018), ketersediaan nutrisi akan mempengaruhi besarnya nilai laju pertumbuhan relatif suatu tanaman. Tinggi rendahnya nilai RGR menunjukkan besarnya kemampuan tumbuhan tersebut selama perlakuan.

Laju pertumbuhan relatif (RGR) tanaman *Lemna minor* tertinggi terdapat pada perlakuan L10P1 yaitu

0,18/hari dan terendah pada perlakuan L25P0 yaitu 0,09/hari. *Lemna minor* memiliki tingkat pertumbuhan yang beragam pada kondisi lingkungan yang berbeda (Iqbal *et al.*, 2019). Pertumbuhannya dapat dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti suhu, intensitas cahaya, dan fotoperiode dan faktor biotik seperti pertumbuhan algae (Petersen *et al.*, 2021).

Pengamatan morfologi tumbuhan *Lemna minor* antar perlakuan dilakukan pada hari ke-7, hari ke-14, dan hari-21 (Gambar 5). Pada pengamatan hari ke-14 menunjukkan terjadinya peningkatan pertumbuhan *Lemna minor*. Populasi *Lemna minor* terlihat semakin banyak pada hari ke-14 dibandingkan pada awal pengamatan. Namun, setelahnya terjadi penurunan pertumbuhan sampai hari ke-21. Pada hari ke-21 terlihat banyak tumbuhan *Lemna minor* yang mati dan kondisi warna daun yang menguning. Hal tersebut dapat dikarenakan umur hidup dari *Lemna minor* relatif pendek (Puspitasari dan Irawanto, 2016). *Lemna minor* mempunyai umur hidup paling lama yaitu 31,3 hari dengan laju pertumbuhan sebesar 0,45%/hari (Lemon *et al.*, 2001).

## 4. KESIMPULAN

Tumbuhan akuatik *Lemna minor* mampu menurunkan kadar amonia, fosfat dan BOD pada media budidaya ikan lele dengan efisiensi penurunan

Nurrasyida, F. U., Kasmiyati, S., dan Sucahyo. (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, doi:10.14710/jil.22.5.1108-1113

yang dihasilkan yaitu pada parameter amonia berkisar antara 70,06-91,81%, fosfat berkisar antara 73,5-92,6%, dan BOD berkisar antara 28,8-42,8%.

Interaksi tumbuhan *Lemna minor* dan probiotik EM4 mampu menurunkan konsentrasi amonia dan fosfat air kolam budidaya lele. Berdasarkan penelitian ini dapat ditunjukkan bahwa efisiensi penurunan kadar amonia dan fosfat paling besar oleh tumbuhan *Lemna minor* dijumpai pada perlakuan air kolam ikan lele 50% dan probiotik EM4 1 ml.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnia dan Warganegara. 2012. Identifikasi Kontaminasi Amalia, F., Nirmala, K., Harris, E., Widiyanto, T. 2014. Kemampuan Lemna (*Lemna perpusilla* Torr.) sebagai Fitoremediator untuk Menyerap Limbah Nitrogen dalam Budidaya Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) di Sistem Resirkulasi. *LIMNOTEK*, Vol. 21, No. 2. Hal 185-192.
- Astuti, L.P. dan Indriatmoko. 2018. Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 19, No. 2. Hal 183-190.
- Aquarista, F., Iskandar dan Subhan, U. 2012. Pemberian Probiotik dengan Carrier Zeolit pada Pembesaran Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 3, No. 4. Hal 133-140.
- Avnimelech, Yoram. 2006. Biofilters: The need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34: 172-178.
- Caesar, N.R., Yanuhar, U., Raharjo, D.K.W.P., Junirahma, N.S. 2021. Monitoring of water quality in the catfish (*Clarias sp.*) farming in Tuban Regency. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 718.
- Cedergreen, N. and Madsen, T.V. 2002. Nitrogen uptake by the floating macrophyte *Lemna minor*. *New Phytologist*, 155: 282-292.
- Francis-Floyd, R., Watson, C., Petty, D., and Pouder, D.B. 2009. *Ammonia in Aquatic Systems*. Univ. Florida, Dept. Fisheries Aquatic Sci, Florida Coop, Ext. Serv. FA16, 4 pp.
- Haryasakti, A., Imanuddin, Wahyudi, M.H. 2019. Pengaruh Pemberian Probiotik Terhadap Kandungan Protein Pada Pakan Komersial. *Jurnal Pertanian Terpadu*, Vol. 7, No. 2. Hal 183-189.
- Helmy, Q., Kardena, E., & Gustiani, S. 2020. *Probiotics and Bioremediation*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.90093.
- Iqbal, J., Javed, A., Baig, M.A. 2019. Growth and nutrient removal efficiency of duckweed (*Lemna minor*) from synthetic and dumpsite lechaete under artificial and natural conditions. *PLoS ONE*, 14 (8).
- Kamyab, H., Chelliapan, S., Din M. F.M., Shahbazian-Yassar, R., Rezanian, S., Khademi, T., Azimi, M. 2017. Evaluation of *Lemna minor* and *Chlamydomonas* to treat palm oil mill effluent and fertilizer production. *Journal of Water Process Engineering*, 17, 229-236.
- Lemon, G.D., Posluszny, U., Husband, B.C. 2001. Potential and realized rates of vegetative reproduction in *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna minor*, and *Wolffia borealis*. *Aquatic Botany*, 70, 79-87.
- Mahyuddin, K. 2008. *Panduan Lengkap Agribisnis Lele*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nuraini, Y. dan Felani, M. 2015. Phytoremediation of tapioca wastewater using water hyacinth plant (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, Vol. 2, No. 2: 295-302.
- Nopriani, U., Karti, P.D.M.H., Prihantoro, I. 2016. Kandungan Mineral Duckweed (*Lemna minor*) sebagai Sumber Hijauan Pakan Alternatif Ternak pada Intensitas Cahaya yang Berbeda. *Jurnal AgroPet*, Vol. 13, No. 1. Hal 68-74.
- Petersen, F., Demann, J., Restemeyer, D., Ulbrich, A., Olf, H.W., Westendarp, H., Appenroth, K.J. 2021. Influence of the Nitrate-N to Ammonium-N Ratio on Relative Growth Rate and Crude Protein Content in the Duckweeds *Lemna minor* and *Wolffia hyalina*. *Plants*, 10, 1741.
- Priya, A., Avishek, K., & Pathak, G. 2012. Assessing the potentials of *Lemna minor* in the treatment of domestic wastewater at pilot scale. *Environmental monitoring and assessment*, 184 (7), 4301-4307. Doi:10.1007/s10661-011-2265-6.
- Saputra, A.D., Haeruddin, dan Widyorini, N. 2016. Efektivitas Kombinasi Mikroorganisme dan Tumbuhan Air Lemna minor sebagai Bioremediator dalam Mereduksi Senyawa Amoniak, Nitrit, dan Nitrat pada Limbah Pencucian Ikan. *Diponegoro Journal of Maquares*, Vol. 5, No. 3. Hal 80-90.
- Saputra, I., Almuqarramah, H., Mustaqim, Nurhayati. 2021. Efektivitas Fitoremediasi terhadap Kadar Amoniak pada Air Limbah Budidaya Ikan Lele. *Jurnal TILAPIA*, Vol. 2, No. 2. Hal 27-33.
- Selvarani, A.J., Padmavathy, P., Srinivasan, A., Jawahar, P. 2015. Performance of Duckweed (*Lemna minor*) on different types of wastewater treatment. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, Vol. 2, No. 4. 208-212.
- Silviana, L. dan Rachmadiarti. 2023. Fitoremediasi Fosfat dari Detergen Sintesis dengan Menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*. *LenteraBio*, Vol. 12, No. 3. Hal 281-289.
- Sutrisno, E., Sumiyati, S. dan Nurdiansyah. 2010. Pengaruh Tanaman Rumput Bebek (*Lemna minor*) Terhadap Penurunan BOD dan COD. *Jurnal PRESIPITASI*, Vol. 7, No. 1. Hal 42-47.
- Syam, A.T., Mulyani, C., Faisal, T.M. 2019. Efektivitas Penggunaan Limbah Bioflok Budidaya Ikan Lele sebagai Inokulum untuk Memulai Siklus Produksi Baru. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, Vol. 3, No. 2. 7-13.
- Wulandari, L., Fatimah, I., Handayani, T., Yulintine, Maryani. 2023. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) dengan Menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Akuakultur Sebatin*, Vol. 4, No. 2.
- Xu, Z. and Chang, L. 2017. *Identification and Control of Common Weeds: Volume 3*. Zhejiang University Press, Hangzhou and Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Zhang, K., Chen, Y., Zhang, T., Zhao, Y., Shen, Y., Huang, L., Gao, X., Guo, J. 2013. The logistic growth of duckweed (*Lemna minor*) and kinetics of ammonium uptake. *Environmental Technology*, 35 (5), 562-567.