

EFEKTIVITAS PEMBERIAN PUPUK ORGANIK CAIR LIMBAH IKAN PATIN TERHADAP BIOMASSA *Azolla microphylla* PADA MEDIA PEMELIHARAAN IKAN NILA

Amelia Suci Wardana¹⁾, Saberina Hasibuan^{1)#}, dan Syafriadiman¹⁾

¹⁾Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau

(Naskah diterima: 21 Agustus 2023; Revisi final: 14 Maret 2024; Disetujui publikasi: 14 Maret 2024)

ABSTRAK

Pupuk organik cair (POC) yang terbuat dari limbah ikan patin mengandung nitrogen, fosfat, dan kalium yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Azolla microphylla*. Tanaman ini dapat dijadikan sebagai pakan tambahan pada budidaya ikan nila dan dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air (fitoremediasi). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh POC limbah ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) terhadap biomassa *A. microphylla* pada media pemeliharaan ikan nila. Penelitian ini dilakukan melalui rancangan acak lengkap (RAL), dengan empat taraf perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan berupa pemberian POC dari limbah ikan patin dengan volume berbeda, yaitu P0 (tanpa pemberian POC), P1 (0,875 mL L⁻¹), P2 (2,625 mL L⁻¹), dan P3 (5,25 mL L⁻¹). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC limbah ikan patin 2,625 mL L⁻¹ menjadi perlakuan terbaik terhadap pertumbuhan bobot mutlak *A. microphylla* dengan rata-rata 60 g dan laju pertumbuhan relatif sebesar 1,72 ± 0,09 g hari⁻¹. Pemberian POC memiliki kandungan nutrisi yang tinggi sehingga *A. microphylla* mampu berkontribusi sebagai pakan alami sebesar 96% serta menghasilkan bobot mutlak ikan nila 1,89 g.

KATA KUNCI: fitoremediasi; kualitas air; pakan alami; pertumbuhan

ABSTRACT: *Effectiveness of Administration of Liquid Organic Fertilizer from Catfish Waste on Biomass of Azolla microphylla in Tilapia Rearing Media*

Liquid organic fertilizer (LOF) made from catfish waste contains nitrogen, phosphate, and potassium which are needed for the growth of *Azolla microphylla*. This plant can be used as additional feed in tilapia cultivation and can be used to improve water quality (phytoremediation). This study aimed to evaluate the effects of LOF from catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) waste on *A. microphylla* biomass in tilapia rearing media. This experiment was performed through a completely randomized design (CRD), with four treatment levels and three replications. The treatments consisted of administering LOF from catfish waste in different volumes, namely P0 (without administration of LOF), P1 (0.875 mL L⁻¹), P2 (2.625 mL L⁻¹), and P3 (5.25 mL L⁻¹). The results showed that administering 2.625 mL L⁻¹ of LOF from catfish waste was the best treatment for the absolute weight growth of *A. microphylla* with an average of 60 g and a relative growth rate of 1.72 ± 0.09 g day⁻¹. Administering LOF has

#Korespondensi: Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Jurusan Budidaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau
Email: saberina.hasibuan@lecturer.unri.ac.id

a high nutritional content so that *A. microphylla* is able to contribute 96% as natural food and produces an absolute weight of tilapia of 1.89 g.

KEYWORDS: growth; natural food; phytoremediation; water quality

PENDAHULUAN

Perkembangan industri sektor perikanan di Provinsi Riau berkembang pesat, terutama pada sektor budidaya dan pengolahan ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). Salah satu lokasi pengolahan hasil perikanan yaitu Kampung Patin. Aktivitas pengolahan hasil perikanan di kampung patin menghasilkan limbah sekitar 15,24–45,72 ton per bulan (Zulkanedi *et al.*, 2019). Limbah ikan tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal dikarenakan kurangnya pengetahuan masyarakat serta belum adanya penerapan teknologi mengenai pengolahan limbah ikan tersebut.

Limbah ikan patin dapat dimanfaatkan menjadi produk yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan budidaya, yaitu pupuk organik cair (POC). Pupuk ini dapat diperoleh dari hasil pembusukan bahan organik dari limbah sisa metabolisme atau organ makhluk hidup yang masih memiliki unsur hara (Tanti *et al.*, 2019). Kandungan yang terdapat di dalam POC limbah ikan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan budidaya karena mengandung unsur nitrogen, fosfat, dan kalium (NPK). Dinyatakan oleh Aditya *et al.* (2015) bahwa POC limbah ikan mengandung unsur nitrogen sebanyak 2,26%, fosfor sebanyak 1,44%, dan kalium sebanyak 0,95%.

Kandungan POC memiliki unsur penting yang diperlukan untuk tanaman, terutama *Azolla microphylla* yang dapat dijadikan sebagai pakan alami oleh ikan, karena memiliki kandungan protein sebesar 20-35%. Selain itu, mengandung vitamin A, vitamin B12 serta asam amino esensial, khususnya lisin sebanyak 0,42% (Melita *et al.*, 2018). Pemanfaatan *A. microphylla* sebagai pakan tambahan dapat meningkatkan kelulushidupan ikan nila, pertumbuhan panjang dan bobot mutlak serta laju pertumbuhan spesifik ikan nila (Suwondo *et al.*, 2021).

Limbah cair pengolahan ikan patin mempunyai potensi yang cukup baik untuk dimanfaatkan sebagai pupuk untuk kultur *A. microphylla*. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan dosis terbaik POC limbah ikan patin terhadap peningkatan biomassa *A. microphylla*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2023 sampai dengan Mei 2023. Penelitian dilaksanakan di Kolam Percobaan dan Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya, Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru.

Produksi Pupuk Organik Cair Limbah Ikan Patin

Produksi POC limbah ikan mengacu pada Kurniawati *et al.* (2018). Limbah ikan patin berupa jeroan (lambung, usus, limpa, ginjal, hati, gonad, kantung empedu, dan pankreas) dicuci terlebih dahulu, kemudian limbah ikan sebanyak 750 g dihaluskan dengan menggunakan *blender* dan ditambahkan air 7,5 L, lalu dicampur dengan *Effective Microorganism 4* (EM4) 75 mL, gula merah yang sudah dihaluskan sebanyak 150 g, dan garam 75 g. Semua bahan diaduk hingga homogen, kemudian dimasukkan ke jerigen dan ditutup rapat. Fermentasi bahan POC dilakukan selama 2 minggu. Tutup jerigen kemudian dibuka untuk melepaskan gas hasil fermentasi. Limbah POC yang telah difermentasi disaring untuk memisahkan ampas yang tersisa, dan siap digunakan untuk tahap pengujian selanjutnya. Hasil analisis POC limbah ikan patin mengandung C-Organik 1,56%, nitrogen 0,35%, fosfor 0,24%, dan kalium 0,16%.

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), dengan empat taraf perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diberikan berupa pemberian POC dengan dosis berbeda, yaitu P0 (tanpa pemberian POC), pemberian POC dengan dosis 0,875 mL L⁻¹ (P1), 2,625 mL L⁻¹ (P2), dan 5,25 mL L⁻¹ (P3).

Wadah penelitian yang digunakan ada yang ditebar ikan nila (P(i)) yaitu P0(i), P1(i), P2(i), dan P3(i), kemudian juga ada wadah pemeliharaan tanpa ikan nila sebagai kontrol (P(k)) yaitu P0(k), P1(k), P2(k), dan P3(k). Wadah pemeliharaan tanpa ikan nila (P(k)) dihadirkan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi *A. microphylla* sebagai pakan yang tersedia bagi ikan nila.

Penumbuhan *Azolla microphylla* dan Pemeliharaan Ikan

Wadah ember diisi air sebanyak 40 L dan diberikan perlakuan dosis POC sebagai media budidaya *A. microphylla* sebanyak dengan stok awal bibit sebanyak 60 g m⁻² dan ditebar ikan nila untuk wadah (P(i)), kemudian dalam penelitian ini dilengkapi dengan wadah pemeliharaan tanpa ikan nila sebagai kontrol (P(k)).

Kriteria ikan nila yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada ketentuan sebagai berikut: berukuran 3-5 cm dan bobot awal rata-rata 5 g (Salsabila & Hari, 2018). Wadah dengan ikan nila ditebar ikan uji dengan padat tebar ikan selama penelitian sebanyak 1 ekor per 2 L (Sari *et al.*, 2017). Ikan nila diberi pakan komersial (pelet) dengan merk dagang PF-1000 dengan kadar protein 35% (Kadarini *et al.*, 2021). Pemberian pakan dilakukan tiga kali per hari pada pukul 08:00, 12:00, dan 17:00 dengan dosis pemberian pakan sebesar 5% dari biomassa ikan (Yusuf *et al.*, 2022).

Parameter Uji

Parameter uji pada penelitian ini meliputi pertumbuhan bobot mutlak *A. microphylla*, laju pertumbuhan relatif *A. microphylla*, pertumbuhan bobot mutlak ikan nila, dan

kualitas air. *Monitoring* pertumbuhan *A. microphylla* dan ikan nila dilakukan setiap 7 hari melalui *sampling* menggunakan timbangan digital SF-400. Parameter kualitas air yang terdiri atas pH, suhu, oksigen terlarut, fosfat, dan nitrat diukur setiap 7 hari. Suhu diukur menggunakan termometer (GEA), kemudian pH diukur dengan menggunakan pH meter (Mediatech Generic Digital), sedangkan oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter (Lutron DO-5510).

Metode pengukuran nitrat, yaitu dilakukan dengan cara menyiapkan satu tabung reaksi dan memasukkan 5 mL akuades. Selanjutnya disiapkan empat tabung untuk tiap-tiap perlakuan, lalu 5 mL sampel perlakuan dimasukkan. Larutan brusin 2% sebanyak 0,5 mL ditambahkan pada tiap tabung reaksi, lalu dikocok perlahan hingga homogen. Larutan H₂SO₄ sebanyak 5 mL ditambahkan secara perlahan melalui dinding tabung reaksi. Setelah itu didiamkan selama 60 menit, lalu *scan* blanko dengan spektrofotometer (Spectronic 20D+) dengan panjang gelombang 410 nm. Setelah itu nilai yang tertera pada spektrofotometer dicatat (Arizuna *et al.*, 2014).

Pengukuran orthofosfat dilakukan dengan cara menyiapkan labu erlenmeyer dan menambahkan 25 mL H₂SO₄ 5 N, 2,5 mL C₄H₄O₆, 7,5 mL ammonium molibdat, dan 15 mL ascorbic ke dalamnya, kemudian kocok hingga seluruh larutan homogen. Tabung reaksi disiapkan dan diberi 5 mL akuades. Selanjutnya disiapkan empat tabung untuk tiap-tiap perlakuan, lalu dimasukkan 5 mL sampel perlakuan. Lalu 0,5 ml larutan reagen ditambahkan pada tiap sampel yang sudah disiapkan dan didiamkan selama 15 menit, lalu *scan* blanko dengan spektrofotometer (Spectronic 20D+) dengan panjang gelombang 690 nm. Setelah itu nilai yang tertera pada spektrofotometer dicatat (Arizuna *et al.*, 2014).

Perhitungan pertumbuhan bobot mutlak *A. microphylla* menggunakan persamaan (1) dari Effendie (2003) sebagai berikut:

$$W = W_t - W_o \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- W = Pertumbuhan bobot mutlak (g)
- W_o = Bobot rata-rata *A. microphylla* pada awal penelitian (g)
- W_t = Bobot rata-rata *A. microphylla* pada akhir penelitian (g)

Laju pertumbuhan relatif dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (Shon *et al.*, 1997):

$$LPR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{(T_2 - T_1)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- LPR = Laju pertumbuhan relatif (g hari⁻¹)
- W₁ = Berat segar awal (g)
- W₂ = Berat segar pada hari ke... (g)
- T₁ = Waktu pengamatan awal
- T₂ = Waktu pengamatan akhir pada hari ke...

Analisis Data

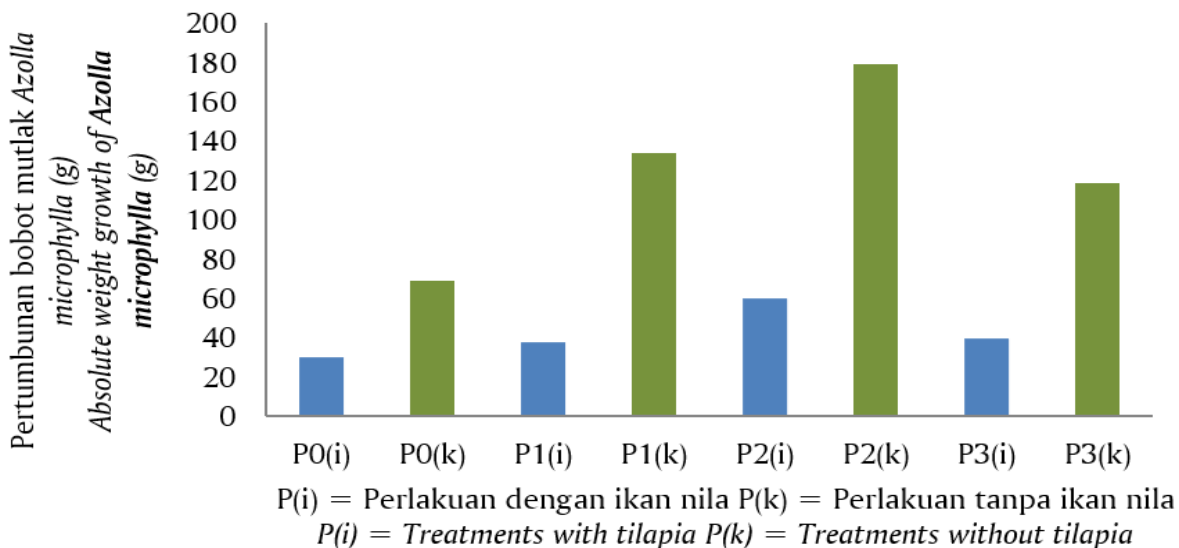
Hasil pada penelitian ini ditabulasi. Data kemudian dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN BAHASAN

Pertumbuhan Bobot Mutlak *Azolla microphylla*

Pemberian POC pada media kultur *A. microphylla* (tanpa ikan nila) dan media kultur *A. microphylla* yang diberi ikan nila menunjukkan bahwa POC dapat menjadi sumber nutrisi bagi pertumbuhan *A. microphylla*. Bobot mutlak *A. microphylla* pada wadah pemeliharaan ikan nila dan wadah tanpa pemeliharaan ikan nila ditampilkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa perlakuan terbaik terdapat pada pemberian POC sebanyak 2,625 mL L⁻¹ yaitu pada wadah P2(i) dengan kepadatan biomassa *A. microphylla* sebesar 60 g memberikan laju pertumbuhan relatif sebesar 1,72 g hari⁻¹. Sementara itu, pada wadah tanpa ikan P2(k) diperoleh biomassa sebesar 179 g. Perbedaan biomassa yang dihasilkan pada kedua sistem tersebut (seberat 116 g) memberi gambaran bahwa sebagian massa *A. microphylla* dikonsumsi oleh ikan nila. Perbedaan biomassa *A. microphylla* pada wadah



Gambar 1. Pertumbuhan bobot mutlak *Azolla microphylla* yang diberi pupuk organik cair dari limbah ikan patin dengan dosis yang berbeda pada wadah pemeliharaan dengan ikan nila dan tanpa ikan nila

Figure 1. Absolute weight growth of *Azolla microphylla* administered liquid organic fertilizer from catfish waste at different doses in rearing containers with tilapia and without tilapia

yang dipelihara ikan dan yang tanpa ikan juga teramati pada perlakuan lainnya (Gambar 1). Laju pertumbuhan *A. microphylla* dapat dilihat pada Gambar 2.

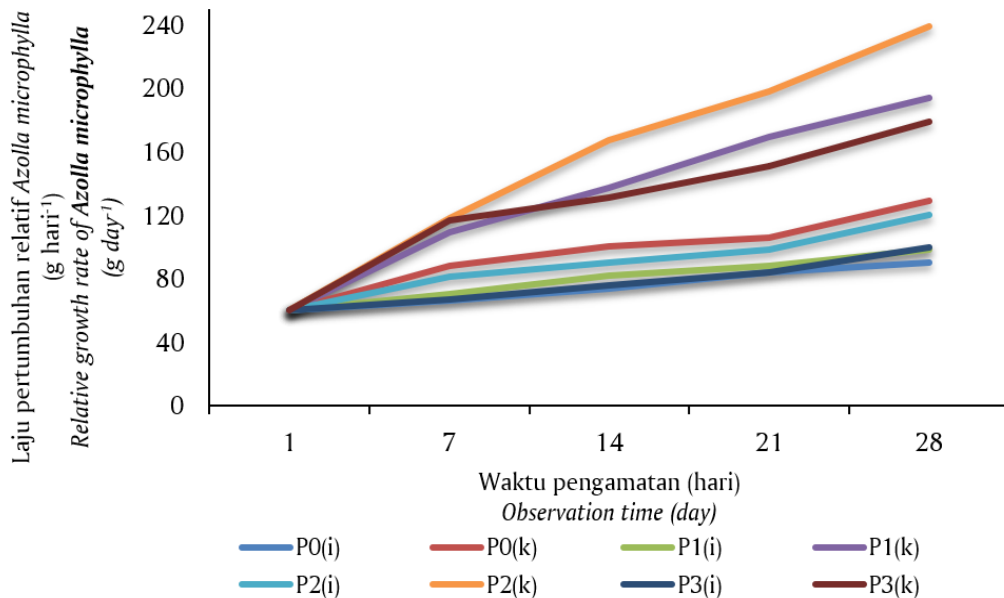
Perbedaan biomassa *A. microphylla* pada masing-masing perlakuan karena adanya perbedaan dosis POC yang diberikan pada media pemeliharaan. Tingginya laju pertumbuhan *A. microphylla* pada penambahan POC dengan dosis 2,625 ml L⁻¹ baik pada wadah pemeliharaan dengan ikan nila maupun wadah pemeliharaan tanpa ikan nila dikarenakan dosis POC yang diberikan dalam jumlah yang cukup, sehingga unsur hara yang tersedia dapat mendukung pertumbuhan *A. microphylla* secara optimal. Dinyatakan oleh Surdina *et al.* (2016) bahwa POC limbah ikan patin mempunyai kandungan unsur hara berupa N, P, dan K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *A. microphylla*. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pertumbuhan *A. microphylla* relatif meningkat, namun pada media pemeliharaan dengan ikan nila (P(i)) lebih rendah dibandingkan pada media pemeliharaan tanpa ikan nila P(k), dikarenakan

tanaman *A. microphylla* dimanfaatkan oleh ikan nila sebagai pakan yang tersedia pada wadah pemeliharaan.

Ketersediaan nutrisi yang terdapat pada POC limbah ikan patin akan memacu pertumbuhan *A. microphylla*. Nitrogen memiliki fungsi utama dalam pertumbuhan tanaman, sedangkan fosfor akan digunakan untuk mengatur pertumbuhan daun dan akar. Apabila akar tumbuh dengan baik maka tanaman akan menyerap nutrisi secara optimal. Sementara itu, kalium berfungsi sebagai pengatur proses fisiologi tanaman (Rahayu *et al.*, 2021).

Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Nila

Pertumbuhan bobot mutlak benih ikan nila meningkat dengan perlakuan pemberian POC pada media pemeliharaan. Pertumbuhan ikan nila yang dipelihara pada media tumbuh *A. microphylla* yang ditambahkan POC sebanyak 2,625 ml L⁻¹ menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak yang lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya. Pertumbuhan bobot mutlak dari ikan nila selama penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Laju pertumbuhan relatif *Azolla microphylla* yang diberi pupuk organik cair dari limbah ikan patin dengan dosis yang berbeda pada wadah pemeliharaan dengan ikan nila dan tanpa ikan nila

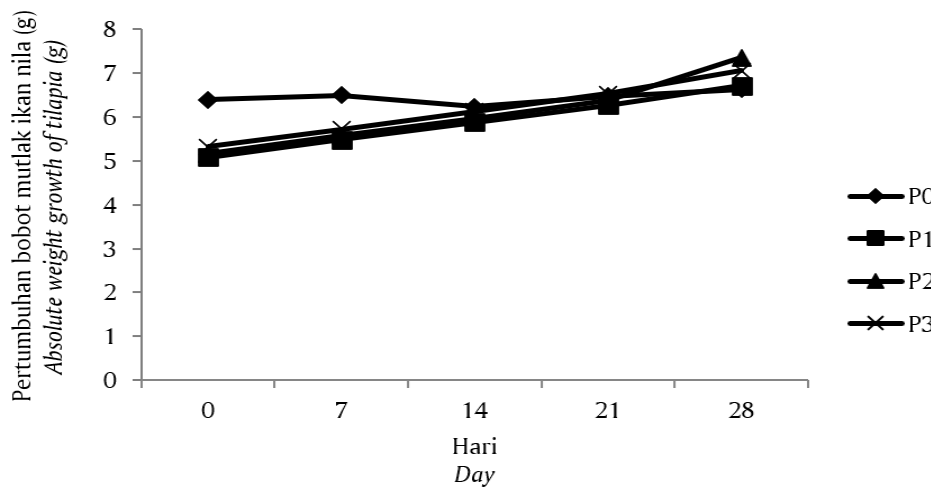
Figure 2. Relative growth rate of *Azolla microphylla* administered liquid organic fertilizer from catfish waste at different doses in rearing containers with tilapia and without tilapia

Gambar 3 terlihat bahwa pada hari ke-28 pemeliharaan, ikan nila pada P2 menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak sebesar 1,88 g, sedangkan pertumbuhan bobot mutlak yang terendah pada P0 dengan nilai 1,49 g. Perlakuan pemberian POC menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak yang lebih tinggi dibanding yang tidak diberi POC, dikarenakan pakan tambahan *A. microphylla* tumbuh dengan baik dan menjadi pakan tambahan bagi ikan nila. Tersedianya pakan tambahan *A. microphylla* pada pemeliharaan ikan nila yang diberi pakan berupa pelet memiliki pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang

lebih baik dibandingkan yang hanya diberi pelet (Pattirane, 2022).

Kualitas Air

Pengaruh pemberian POC terhadap kualitas air selama penelitian (Tabel 1), terlihat bahwa POC memberikan pengaruh langsung terhadap perubahan kualitas air sebagai media pertumbuhan *A. microphylla* dan ikan nila. *Azolla microphylla* merupakan salah satu tanaman yang dapat menjaga kualitas air, karena tanaman ini dapat membantu pada proses fitoremediasi suatu perairan.



Gambar 3. Pertumbuhan bobot mutlak ikan nila yang dipelihara pada media pemeliharaan *Azolla microphylla* dengan pemberian pupuk organik cair dari limbah ikan patin dengan dosis yang berbeda

Figure 3. The absolute weight growth of tilapia reared in rearing media of *Azolla microphylla* with the administration of liquid organic fertilizer from catfish waste at different doses

Tabel 1. Kualitas air media tumbuh *Azolla microphylla* dan ikan nila yang diberi pupuk organik cair dari limbah ikan patin dengan dosis berbeda

Table 1. Water quality of grow-out media of *Azolla microphylla* and tilapia administered liquid organic fertilizer from catfish waste at different doses

Parameter Parameters	Perlakuan Treatments				Referensi References
	P0	P1	P2	P3	
Suhu (°C) Temperature (°C)	28-29	28-29	28-29	28-29	20-35 °C (Surdina et al., 2016)
pH	6,7-8,3	6,3-8,1	6,8-7,8	6,7-8,6,9	7,4-8,6 (Surdina et al., 2016)
Oksigen terlarut (mg L ⁻¹) Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)	4,3-8,2	4,8-8,1	4,2-9,5	4,8-8,1	6,1-14,5 mg L ⁻¹ (Pramleonita et al., 2018).
Nitrat (mg L ⁻¹) Nitrate (mg L ⁻¹)	0,43-5,89	0,43-13,3	0,43-16,8	0,43-14,6	5-50 mg L ⁻¹ (PP No.82 Tahun 2001)
Orthofosfat (mg L ⁻¹) Orthophosphate (mg L ⁻¹)	0,64-2,14	0,64-2,13	0,64-3,52	0,64-2,89	>0,50 mg L ⁻¹ (PP No.82 Tahun 2001)

Sitompul *et al.* (2013) menyebutkan bahwa fluktuasi nilai pH selama proses fitoremediasi dipengaruhi oleh kepadatan *A. microphylla* yang terdapat di air maupun akar tanaman fitoremediasi. Aktivitas fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman membutuhkan CO₂ dari air sehingga pH air meningkat, khususnya pada siang hari. Namun demikian, organisme seperti tanaman air, ikan, dan mikroorganisme lainnya tentu melakukan aktivitas respirasi yang meningkatkan konsentrasi CO₂ dalam air. Peningkatan CO₂ hasil respirasi berbanding terbalik dengan pH, sehingga terjadi penurunan pH selama penelitian (Ni'mah *et al.*, 2019). Meningkatnya jumlah tanaman *A. microphylla* dalam wadah pemeliharaan disebabkan oleh adanya nutrisi yang terdapat pada POC limbah ikan patin. Nutrisi ini dimanfaatkan oleh *A. microphylla* untuk bertumbuh sehingga semakin berkembangnya *A. microphylla* pada wadah pemeliharaan semakin tinggi pula kontribusi tanaman tersebut terhadap nilai pH, karena *A. microphylla* dapat membantu proses fitoremediasi pada suatu perairan.

Pemberian pakan dengan kadar protein tinggi menyebabkan sisa hasil metabolisme yang tinggi akan konsentrasi nitrat (NO₃). Selain itu, POC limbah ikan patin yang diberikan pada setiap wadah pemeliharaan dengan jumlah yang berbeda dan sisa pakan serta *input* bahan organik lainnya yang mengandung nitrat dapat menjadi sumber nitrat yang terukur dalam penelitian ini. Fosfat merupakan komponen penting yang dibutuhkan oleh *A. microphylla* untuk tumbuh dan berkembang dengan baik. Unsur fosfat bagi *A. microphylla* dapat Menyusun senyawa pirofosfat yang dibutuhkan sebagai sumber energi utama untuk pertumbuhan tanaman sehingga ketersediaan fosfat di dalam wadah penelitian akan cenderung menurun karena digunakan *A. microphylla* untuk respirasi, fotosintesis, dan transfer energi. Kadar fosfat pada penelitian ini diketahui lebih tinggi dari 0,5 mg L⁻¹ yang dapat diartikan bahwa media pemeliharaan *A. microphylla* dan ikan nila yang digunakan yang memiliki tingkat kesuburan yang sangat baik.

KESIMPULAN

Pemberian POC dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap produksi biomassa *A. microphylla*, dengan dosis terbaik pada perlakuan 2,625 mL L⁻¹. Hasil tertinggi pada pertumbuhan bobot mutlak *A. microphylla* rata-rata 60 g m⁻², diperoleh laju pertumbuhan relatif sebesar 1,72 g hari⁻¹ dan mampu mendukung kehidupan serta pertumbuhan ikan nila selama 30 hari. Pemberian POC memiliki kandungan nutrisi yang tinggi sehingga *A. microphylla* mampu berkontribusi sebagai pakan alami sebesar 96% serta menghasilkan bobot mutlak ikan nila 1,89 g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada rekan-rekan Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Irfaan Daffa yang telah membantu dalam mempersiapkan lokasi penelitian dan Ibu Ildawati yang telah membantu dalam menganalisis kualitas air.

DAFTAR ACUAN

- Aditya, S., Suparmi, & Edison. (2015). Study of manufacture solid organic fertilizer from fisheries waste. *JOM Faperika*, 2(2), 1–11.
- Arizuna, M., Djoko, S., & Max, R. M. (2014). Kandungan nitrat dan fosfat dalam air pori sedimen di sungai dan muara Sungai Wedung Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1), 7-16. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4281>
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan*. Cetakan ke-5. Kanisius.

- Kadarini, T., Muhamad, Y., Nurhidayat, & Lili, S. (2021). Pertumbuhan ikan mas koki, *Carrasius auratus* pada sistem akuaponik dengan tanaman air yang berbeda. *Jurnal Riset Akuakultur*, 16(3), 167-176. <https://doi.org/10.15578/jra.16.3.2021.167-176>
- Kurniawati, D., Rahayu, Y. S., & Fitrihidajati, H. (2018). Pengaruh pemberian pupuk organik cair dari limbah organ dalam ikan terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (*Alternanthera ficoides*). *Jurnal LenteraBio*, 7(1), 49-54.
- Melita, S. N., Muryani, R., & Mangisah, I. (2018). Pengaruh tepung *Azolla microphylla* terfermentasi dalam pakan terhadap penggunaan protein pada ayam kampung persilangan. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 20(1), 8–14. <https://doi.org/10.25077/jpi.20.1.8-14.2018>
- Pattirane, C. P., Dzikri, W., Frederik, D. S., & Larasati, P. H. (2022). Studi pemberian pakan berbeda terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup benih ikan nila. *Oreochromis Niloticus*. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(2), 344-354. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i2.43127>
- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., & Wardoyo, S. E. (2018). Parameter fisika dan kimia air kolam ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural*, 8(1), 24-34. <https://doi.org/10.31938/jsn.v8i1.107>
- Rahayu, A., Sari, A. N., & Juliyanto, E. (2021). Pemanfaatan pupuk kandang untuk menumbuhkan *Azolla microphylla* dalam budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal KASTAR*, 1(1), 21-25.
- Salsabila, M., & Hari, S. (2018). Teknik pembesaran ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Instalasi Budidaya Air Tawar Pandaan, Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 7(3), 118-123. <https://doi.org/10.20473/jafh.v7i3.11260>
- Sari, I. P., Yulisman, & Muslim. (2017). Laju pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara dalam kolam terpal yang dipuasakan secara periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 5(1), 45-55. <https://doi.org/10.36706/jari.v5i1.5807>
- Sitompul, D. F., Sutisna, M., & Pahrmawati, K. (2013). Pengolahan limbah cair Hotel Aston Braga City Walk dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 2(1), 105– 114. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v1i2.105-114>
- Surdina, E. S. A. E., Rahimi, & Hasri I. (2016). Pertumbuhan *Azolla microphylla* dengan kombinasi pupuk kotoran ternak. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(3), 298-306.
- Suwondo, Darmadi, & Amin, M. (2021). Pengaruh pemberian pakan *Azolla microphylla* terhadap pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai rancangan pembelajaran biologi SMA. *Jurnal Biogenesis*, 17(1), 43. <https://doi.org/10.31258/biogenesis.17.1.39-48>
- Tanti, N., Nurjannah, & Kalla, R. (2019). Pembuatan pupuk organik cair dengan cara aerob. *ILTEK*, 14(2), 2053-2058. <https://doi.org/10.47398/iltek.v14i2.415>
- Utami, V. P., Saberina, H., & Syafriadiman. (2022). Efek biomassa *Azolla microphylla* yang berbeda terhadap parameter kimia air gambut pada media pemeliharaan ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Jurnal Akuakultur Sebatin*, 3(1), 110.
- Yusuf, S., Andi, D. R., Akbar, M. T., & Ruqayyah, D. (2022). Evaluasi penambahan tepung kulit pisang terfermentasi terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 17(2), 169-178. <https://doi.org/10.29303/jfn.v2i1.677>
- Zulkanedi., Tang, U. M., & Efrizon, D. (2019). Strategi pengelolaan lingkungan sentra pengolahan hasil perikanan air tawar di Desa Koto Mesjid Kecamatan XII Koto Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(2), 232. <https://doi.org/10.31258/jil.13.2.p.230-242>