

**FERMENTASI TEPUNG *Azolla microphylla* DENGAN EM4 DAN AQUAENZYMYS
TERHADAP KONVERSI PAKAN DAN PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**

***FERMENTED Azolla microphylla WITH EM4 AND AQUAENZYMYS ON FEED
CONVERSION RATIO AND GROWTH OF Oreochromis niloticus***

Syifa Sebening Anwar¹, Heru Kusdianto^{1*}, Maulina Angriandini¹, dan Retno Wulandari²

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*E-mail: herukusdianto@fpik.unmul.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received: 17 June 2026 Revised: 11 August 2026 Accepted: 07 September 2026 Available online: 10 October 2026 Keywords: <i>Aquaenzymys</i>, <i>Azolla microphylla</i>, EM4, feed conversion ratio, fermentation, Nile tilapia.	<i>Feed accounts for 40–60% of tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) production costs, so cheaper alternative feed ingredients are needed. <i>Azolla microphylla</i> is a promising ingredient due to its high protein content (about 28%), but its crude fibre limits digestibility and therefore requires fermentation. This study analyzed the effect of fermenting <i>A. microphylla</i> meal using two fermenters—EM4 and Aquaenzymys—on the feed conversion ratio (FCR) and growth of Nile tilapia. A completely randomized design with three treatments and four replicates was used: P1 (control, no fermenter), P2 (EM4, 8 mL/kg), and P3 (Aquaenzymys, 8 g/kg); <i>A. microphylla</i> comprised 67% of the feed formulation. Tilapia fingerlings (6–8 cm) were reared for 40 days. Parameters observed were FCR, absolute weight gain, length gain, specific growth rate (SGR), and survival. Fermentation significantly affected FCR ($p < 0.05$): the lowest (best) value was found in P3 (1.53), followed by P2 (1.67) and P1 (2.35). Absolute weight gain also differed significantly ($p < 0.05$); P2 (4.18 g) and P3 (4.36 g) were higher than the control (3.11 g) with no significant difference between them. SGR was highest and significantly different in P3 (0.71%/day), whereas length gain did not differ significantly ($p > 0.05$). Survival reached 100% in all treatments. Water quality remained within supportive ranges. Fermentation of <i>A. microphylla</i> meal, particularly with Aquaenzymys, effectively lowered FCR and improved the growth of Nile tilapia.</i>
Kata Kunci: <i>Aquaenzymys</i>, <i>Azolla microphylla</i>, EM4, Rasio konversi pakan, Fermentasi, Ikan nila.	ABSTRAK Biaya pakan menyumbang 40–60% biaya produksi budidaya ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>), sehingga diperlukan bahan pakan alternatif yang murah. <i>Azolla microphylla</i> berpotensi sebagai bahan pakan karena kandungan proteinnya tinggi ($\pm 28\%$), namun serat kasarnya membatasi pencernaan sehingga perlu difermentasi. Penelitian ini menganalisis pengaruh fermentasi tepung <i>A. microphylla</i> menggunakan dua jenis fermentor—EM4 dan Aquaenzymys—terhadap rasio konversi pakan (FCR) dan pertumbuhan ikan nila. Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan dan empat ulangan digunakan: P1 (kontrol, tanpa fermentor), P2 (EM4 8 mL/kg), dan P3 (Aquaenzymys 8 g/kg); <i>A. microphylla</i> menyusun 67% formulasi pakan. Benih ikan nila (6–8 cm) dipelihara 40 hari. Parameter yang diamati meliputi FCR, pertumbuhan bobot mutlak, pertambahan panjang, laju pertumbuhan spesifik (SGR), dan kelangsungan hidup. Fermentasi berpengaruh nyata terhadap FCR ($p < 0,05$): nilai terendah (terbaik) pada P3 (1,53), diikuti P2 (1,67) dan P1 (2,35). Bobot mutlak juga berbeda nyata ($p < 0,05$); P2 (4,18 g) dan P3 (4,36 g) lebih tinggi dari kontrol (3,11 g) tanpa beda nyata antar keduanya. SGR tertinggi dan berbeda nyata pada P3 (0,71%/hari), sedangkan pertambahan panjang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Kelangsungan hidup

100% pada semua perlakuan. Kualitas air mendukung. Fermentasi tepung *A. microphylla*, terutama dengan Aquaenzym, efektif menurunkan FCR dan meningkatkan pertumbuhan ikan nila.

Copyright © 2026 The Author(s). Licensed under CC BY-SA 4.0.

1. PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan komoditas air tawar utama di Indonesia karena pertumbuhannya cepat, toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan permintaannya terus meningkat. Namun, biaya pakan menyumbang sekitar 40–60% dari total biaya produksi (Tacon & Metian, 2008), sehingga menjadi kendala utama bagi pembudidaya, terutama skala kecil. Oleh karena itu, diperlukan bahan pakan alternatif yang murah, mudah diperoleh, dan bernilai gizi tinggi untuk menekan biaya produksi.

Azolla microphylla merupakan tanaman paku air yang mudah dibudidayakan dan kaya protein (mencapai sekitar 28% berdasarkan berat kering) sehingga berpotensi sebagai bahan pakan alternatif (Husnaini *et al.*, 2020; Tahang *et al.*, 2024). Namun, kandungan serat kasar yang tinggi membatasi kecernaannya bila diberikan tanpa pengolahan, sehingga diperlukan proses fermentasi untuk menurunkan serat kasar dan meningkatkan ketersediaan nutrisi (Ilhamdi & Harahap, 2020; Virnanto *et al.*, 2016). Fermentasi memanfaatkan aktivitas mikroba dan enzim untuk menguraikan senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih mudah dicerna (Arief *et al.*, 2015; Suryahman *et al.*, 2023).

Dua jenis fermentor yang umum digunakan adalah Effective Microorganism 4 (EM4), yang berbasis konsorsium mikroba probiotik, dan Aquaenzym, yang merupakan gabungan multi-enzim dengan bakteri pengurai. Keduanya berpotensi memperbaiki kualitas pakan, namun perbandingan langsung pengaruh keduanya pada fermentasi tepung *A. microphylla* untuk pakan ikan nila masih jarang dikaji. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh fermentasi tepung *A. microphylla* menggunakan EM4 dan Aquaenzym terhadap rasio konversi pakan dan pertumbuhan ikan nila.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 40 hari di Laboratorium Pengembangan Ikan, Laboratorium Biokonversi dan Mikroteknik Akuakultur, dan Laboratorium Lingkungan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda.

2.2 Rancangan dan Pakan Uji

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan empat ulangan (12 unit): P1 = tepung *A. microphylla* tanpa fermentor (kontrol); P2 = difermentasi EM4 8 mL/kg; dan P3 = difermentasi Aquaenzym 8 g/kg. Tepung *A. microphylla* menyusun 67% formulasi pakan, dengan tepung ikan 22%, tapioka 8%, serta minyak, vitamin mix, dan mineral mix masing-masing 1% (Tabel 1). Formulasi pakan sama untuk seluruh perlakuan; yang membedakan hanya jenis fermentor.

2.3 Prosedur Penelitian

A. microphylla dikeringkan, dihaluskan, dan diayak menjadi tepung. Tepung difermentasi dengan EM4 atau Aquaenzym sesuai perlakuan selama 24 jam, lalu dikeringkan dengan oven 60°C untuk menghentikan fermentasi. Tepung terfermentasi dicampur bahan lain, dicetak menjadi pelet, dan dikeringkan. Benih ikan nila berukuran 6–8 cm ditebar 10 ekor per akuarium (30×30×40 cm) pada 12 akuarium bersistem aerasi dan resirkulasi. Pakan diberikan dua kali sehari secara *ad satiation* selama 40 hari.

2.4 Parameter dan Analisis Data

Parameter yang diamati meliputi rasio konversi pakan ($FCR = F / ((W_t + D) - W_0)$), pertumbuhan bobot mutlak ($W = W_t - W_0$), pertambahan panjang total ($\Delta L = L_t - L_0$), laju pertumbuhan spesifik

($SGR = (\ln W_t - \ln W_0)/t \times 100\%$), dan kelangsungan hidup ($SR = N_t/N_0 \times 100\%$). Data dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA, taraf kepercayaan 95%) dan dilanjutkan uji Duncan (DMRT) bila berpengaruh nyata; kelangsungan hidup yang seluruhnya 100% disajikan deskriptif. Parameter kualitas air (suhu, pH, DO, amonia) diukur sebagai data penunjang.

Tabel 1. Formulasi pakan uji

Bahan	Komposisi (%)
Tepung <i>Azolla microphylla</i>	67
Tepung ikan	22
Tapioka	8
Minyak	1
Vitamin mix	1
Mineral mix	1
Total	100

Keterangan: A. microphylla pada P2 dan P3 difermentasi (EM4 8 mL/kg atau Aquaenzym 8 g/kg); P1 tanpa fermentor. Fermentor bukan komponen persentase formulasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeliharaan ikan nila selama 40 hari menunjukkan bahwa fermentasi tepung *A. microphylla* berpengaruh nyata terhadap rasio konversi pakan (FCR), bobot mutlak, dan laju pertumbuhan spesifik ($p < 0,05$), tetapi tidak terhadap pertambahan panjang ($p > 0,05$) (Tabel 2). Nilai FCR terendah (terbaik) diperoleh pada P3 (Aquaenzym) sebesar 1,53, diikuti P2 (EM4) 1,67, dan tertinggi pada kontrol P1 sebesar 2,35; nilai FCR yang rendah menunjukkan efisiensi pemanfaatan pakan yang lebih baik (Iskandar & Elrifadah, 2015; Fahrizal & Nasir, 2017).

Tabel 2. Kinerja pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila

Parameter	P1 (Kontrol)	P2 (EM4)	P3 (Aquaenzym)	Signifikansi
FCR	2,35±0,27	1,67±0,06	1,53±0,06	$p < 0,05$
Bobot mutlak (g)	3,11 ^a	4,18 ^b	4,36 ^b	$p < 0,05$
Pertambahan panjang (cm)	1,35 ^a	1,28 ^a	1,64 ^a	$p > 0,05$ (tn)
SGR (%/hari)	0,50 ^a	0,56 ^a	0,71 ^b	$p < 0,05$
Kelangsungan hidup (%)	100	100	100	—

Keterangan: huruf superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (uji Duncan, $p < 0,05$); tn = tidak nyata. Nilai FCR berupa rerata ± simpangan baku ($n=4$); simpangan baku bobot, panjang, dan SGR serta pengelompokan Duncan FCR dilengkapi dari luaran SPSS.

Rendahnya FCR pada perlakuan fermentasi diduga karena aktivitas enzim dan mikroba (protease, amilase, dan selulase) menguraikan serat kasar dan senyawa kompleks *A. microphylla* menjadi bentuk yang lebih mudah dicerna, sehingga ketersediaan nutrisi meningkat (Arief *et al.*, 2015; Husnaini *et al.*, 2020). Bobot mutlak juga meningkat nyata dari 3,11 g (kontrol) menjadi 4,18 g (P2) dan 4,36 g (P3); uji Duncan menempatkan P2 dan P3 pada kelompok yang sama dan keduanya berbeda nyata dari kontrol, menunjukkan bahwa fermentasi—baik dengan EM4 maupun Aquaenzym—efektif memperbaiki pertumbuhan dibanding pakan tanpa fermentasi (Anggraeni *et al.*, 2020; Suryahman *et al.*, 2023). Laju pertumbuhan spesifik tertinggi dan berbeda nyata diperoleh pada P3 (0,71%/hari), mengindikasikan keunggulan Aquaenzym dalam menyediakan enzim eksogen yang mempercepat hidrolisis nutrisi (Widaryati & Dini, 2022).

Pertambahan panjang yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) menunjukkan bahwa pertumbuhan linear ikan relatif seragam antar perlakuan, sementara perbaikan terutama tampak pada pertambahan bobot dan efisiensi pakan. Kelangsungan hidup 100% pada seluruh perlakuan menunjukkan bahwa pakan berbasis *A. microphylla* terfermentasi aman dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap ikan (Islami *et al.*, 2017; Mustofa *et al.*, 2018). Secara keseluruhan, fermentasi dengan Aquaenzym

memberikan kinerja terbaik pada FCR, bobot mutlak, dan SGR, sejalan dengan temuan bahwa penambahan enzim eksogen meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan (Widaryati & Dini, 2022; Tahang *et al.*, 2024).

Tabel 3. Kisaran parameter kualitas air selama penelitian

Parameter	Kisaran	Kisaran optimal
Suhu (°C)	29,9–30,3	25–30
pH	6,56–7,88	6,5–8,5
Oksigen terlarut (mg/L)	4,0–7,0	≥4
Amonia (mg/L)	0,05–0,10	<0,2

Parameter kualitas air selama penelitian berada pada kisaran yang mendukung kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan nila (Tabel 3): suhu 29,9–30,3°C, pH 6,56–7,88, oksigen terlarut 4,0–7,0 mg/L, dan amonia 0,05–0,10 mg/L yang jauh di bawah ambang berbahaya (Pratama *et al.*, 2021; Ramadani *et al.*, 2021; Wahyuningsih & Gitarama, 2020).

4. KESIMPULAN

Fermentasi tepung *Azolla microphylla* dengan EM4 maupun Aquaenzymys berpengaruh nyata ($p < 0,05$) menurunkan rasio konversi pakan serta meningkatkan bobot mutlak dan laju pertumbuhan spesifik ikan nila, sedangkan penambahan panjang tidak berbeda nyata dan kelangsungan hidup mencapai 100% pada semua perlakuan. Perlakuan terbaik diperoleh pada fermentasi Aquaenzymys (P3) dengan FCR terendah (1,53), bobot mutlak tertinggi (4,36 g), dan SGR tertinggi (0,71%/hari). Dengan demikian, tepung *A. microphylla* terfermentasi—terutama dengan Aquaenzymys—layak digunakan sebagai bahan pakan alternatif untuk ikan nila. Penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan analisis proksimat pakan sebelum dan sesudah fermentasi, memvariasikan persentase substitusi *A. microphylla*, serta menyertakan pakan komersial sebagai pembanding beserta analisis biaya pakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, atas dukungan fasilitas laboratorium, serta kepada semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Anggraeni, D., Agustono, & Arief, M. (2020). Pengaruh imbalan protein dan energi pakan buatan yang berbeda terhadap laju pertumbuhan dan efisiensi pakan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 2(1).
- Arief, M., Novitasari, N., & Subekti, S. (2015). Pengaruh penambahan probiotik EM4 (Effective Microorganisms 4) pada pakan buatan terhadap pertumbuhan dan rasio konversi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(1), 41–46.
- Darmianawati. (2021). Penggunaan tepung *Azolla* sp. sebagai bahan baku pakan ikan nila merah (*Oreochromis* sp.). *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Akuakultur*, 3(1).
- Dawood, M. A. O., Koshio, S., Abdel-Daim, M. M., & Van Doan, H. (2019). Probiotic application for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 907–924.
- Fahrizal, A., & Nasir, M. (2017). Pengaruh penambahan probiotik dengan dosis berbeda pada pakan terhadap pertumbuhan dan rasio konversi pakan (FCR) ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Median*, 9(1), 69–75.
- Husnaini, R., Suharman, I., & Adelina. (2020). Pemanfaatan fermentasi tepung *Azolla* (*Azolla microphylla*) dalam pakan buatan untuk meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila. *Jurnal Ilmu Perairan dan Perikanan*, 4(1).
- Ilhamdi, & Harahap, K. S. (2020). Pengaruh penggunaan tanaman *Azolla* yang difermentasi terhadap pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Aurelia Journal*, 2(1), 47–52.

- Iskandar, R., & Elrifadah. (2015). Pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi pakan buatan berbasis kiambang. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 40(1), 18–24.
- Islami, A. N., Hasan, Z., & Anna, Z. (2017). Pengaruh perbedaan siphonisasi dan aerasi terhadap kualitas air, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) stadia benih. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 8(1).
- Jumaidi, A., Yulianto, H., & Efendi, E. (2016). Pengaruh debit air terhadap perbaikan kualitas air pada sistem resirkulasi dan hubungannya dengan sintasan dan pertumbuhan benih ikan gurame (*Osphronemus gouramy*). *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 5(2), 587–596.
- Mustofa, A., Hastuti, S., & Rachmawati, D. (2018). Pengaruh periode pemuasaan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan, pertumbuhan dan kelulushidupan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 7(1), 18–27.
- Pratama, M. A., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2021). Fluktuasi kualitas air budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan beberapa variasi sistem resirkulasi. *Current Trends in Aquatic Science*, 4(1), 102–107.
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis suhu, derajat keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD) dalam air limbah domestik. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22.
- Simarmata, D., Kusdianto, H., & Rizal, S. (2024). Pengaruh konsentrasi EM4 yang berbeda pada fermentasi bungkil inti sawit penyusun pakan terhadap konversi pakan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 9(2), 142–153.
- Suryahman, A., Nisaa, K., Syamsuddin, & Jaya. (2023). Pengaruh pemberian pakan komersil yang difermentasi terhadap pertumbuhan, efisiensi pakan dan sintasan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(1), 1–6.
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1–4), 146–158.
- Tahang, H., Budi, S., & Mulyani, S. (2024). Analisa substitusi pakan *Azolla microphylla* terfermentasi terhadap proksimat dan pertumbuhan benih ikan nila. *Journal of Aquaculture and Environment*, 7(1), 40–43.
- Virnanto, L., Rachmawati, D., & Samidjan, I. (2016). Pemanfaatan tepung hasil fermentasi *Azolla microphylla* sebagai campuran pakan ikan. *Journal of Aquaculture and Marine Technology*, 5(2), 123–130.
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 112–125.
- Widaryati, R., & Dini, N. (2022). Pengaruh penambahan Aquaenzym pada pakan komersil terhadap konversi pakan ikan patin (*Pangasius pangasius*). *Jurnal Penelitian Belida Indonesia*, 2(1), 1–10.