ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Konservasi Berbasis Domestikasi Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata*) melalui Optimalisasi Pakan Fermentasi EM4

Syaiful Ramadhan Harahap[1]*, Muhammad Arief Al Jumadi[2], Arief Rachman B[3], Andi Yusapri[4], Khairul Ihwan[5], Nurhasan[6], Abdul Gani[7], Muhammad Thaha[8], Gusmanto[9]

[1,2,3,4,6]Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian,Universitas Islam Indragiri, Indragiri Hilir, Riau, Indonesia
[5]Program Studi Teknik Industri, Fakultas TIK, Universitas Islam Indragiri, Indragiri Hilir, Riau, Indonesia
[7]Penyuluh Kementerian Kelautan dan Perikanan, Indragiri Hilir, Riau, Indonesia
[8,9]Kelompok Pembudidaya Ikan Tempuling Madani Jaya, Indragiri Hilir, Riau, Indonesia

**Correspondent email: syaiful.r.harahap@gmail.com*

Diterima: 14 September 2026| Disetujui: 30 Oktober 2026 | Diterbitkan: 31 Oktober 2026

Abstract. *The marble goby (Oxyeleotris marmorata) is a high-value freshwater fish whose increasing exploitation from natural waters may threaten resource sustainability, particularly when undersized individuals are harvested. Domestication through controlled rearing and improved feed management is therefore needed to support conservation while increasing the economic value of captured fish. This study evaluated the growth performance and feed utilization of marble goby fed trash fish enriched with effective microorganisms (EM4) at different doses. The experiment was conducted for 56 days using 20 wild-caught marble goby weighing less than 500 g and reared in four tarpaulin ponds with four feed treatments: 0, 10, 15, and 20 mL EM4 kg $^{-1}$ trash fish. Growth, feed intake rate, feed conversion ratio, specific growth rate, survival rate, and water quality were evaluated descriptively. The 10 mL kg $^{-1}$ treatment produced the most balanced response, with the highest weight gain, cumulative specific growth rate, and 100% survival, whereas 15 mL kg $^{-1}$ produced the greatest length gain. The 20 mL kg $^{-1}$ treatment did not improve performance proportionally and showed lower weight gain and survival. Thus, 10 mL EM4 kg $^{-1}$ trash fish is the most promising treatment under the experimental conditions and provides an initial basis for conservation-oriented domestication of marble goby.*

Keywords: *conservation; domestication; effective microorganisms; feed utilization; marble goby*

PENDAHULUAN

Ikan betutu (*O. marmorata*) merupakan salah satu sumber daya ikan air tawar lokal Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan prospek pengembangan yang menjanjikan pada pasar domestik maupun internasional. Karakteristik daging yang memiliki cita rasa khas, tekstur lembut, serta kandungan nutrisi yang baik menjadikan ikan ini termasuk komoditas perikanan premium, terutama untuk ukuran konsumsi dengan bobot lebih dari 500 g per ekor (Harahap & Yusapri, 2015; Warsono et al., 2017). Peningkatan permintaan terhadap ikan betutu di kawasan Asia Tenggara dan Asia Timur telah mendorong intensifikasi pemanfaatan sumber daya ini dari perairan alami (Ahlina et al., 2019). Kondisi tersebut memberikan peluang ekonomi bagi masyarakat perikanan, tetapi sekaligus meningkatkan tekanan terhadap populasi alami apabila tidak diikuti dengan strategi pengelolaan berbasis keberlanjutan. Sebagai ikan lokal bernilai tinggi, pengembangan sistem produksi ikan betutu tidak dapat terus bergantung pada hasil tangkapan alam, melainkan perlu diarahkan melalui pendekatan domestikasi dan budidaya yang mampu menjaga keseimbangan antara pemanfaatan ekonomi dan kelestarian sumber daya hayati perairan.

Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau, merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi sumber daya perairan umum cukup besar dan secara historis menjadi habitat serta daerah penangkapan ikan betutu oleh masyarakat lokal. Aktivitas penangkapan ikan betutu telah menjadi bagian dari mata pencaharian nelayan perairan umum dan dilakukan secara turun-temurun. Namun, tingginya nilai jual ikan betutu menyebabkan peningkatan intensitas eksploitasi, termasuk penangkapan individu berukuran kecil yang belum mencapai ukuran konsumsi optimal (Ahlina et al., 2018). Dampaknya, telah terjadi penurunan produksi ikan Betutu sekitar 40% selama kurun

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

waktu 5 tahun terakhir (Harahap et al., 2025). Pola pemanfaatan eksisting berpotensi mengganggu struktur populasi alami karena mengurangi peluang ikan untuk tumbuh hingga ukuran reproduktif dan bernilai ekonomi tinggi. Apabila berlangsung dalam jangka panjang, tekanan penangkapan yang tidak terkendali dapat menurunkan produktivitas stok alami serta mengancam keberlanjutan pemanfaatan ikan betutu sebagai sumber daya perikanan lokal.

Salah satu pendekatan yang telah dikembangkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap hasil tangkapan alam adalah domestikasi ikan betutu melalui sistem budidaya terkontrol. Domestikasi berperan penting dalam proses adaptasi ikan liar terhadap lingkungan pemeliharaan, peningkatan kemampuan menerima pakan, serta pengembangan teknologi produksi yang lebih stabil (Susanto & Suryaningsih, 2006). Penelitian domestikasi ikan betutu yang dilakukan pada beberapa wilayah menunjukkan bahwa spesies ini memiliki peluang untuk dipelihara dalam sistem budidaya, meskipun masih menghadapi kendala terutama terkait pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan (Aggraeni & Abdulgani, 2013; Arief et al., 2009). Penelitian domestikasi *O. marmorata* di Indonesia menunjukkan bahwa pengaturan pemberian pakan mampu memengaruhi performa pertumbuhan, tetapi respons ikan terhadap strategi pakan masih membutuhkan kajian lanjutan untuk memperoleh sistem pemeliharaan yang lebih efisien (Harahap et al., 2026; Herawati et al., 2016). Studi lain juga menunjukkan bahwa keberhasilan produksi ikan betutu sangat berkaitan dengan kesesuaian jenis pakan, kualitas nutrisi, serta kemampuan ikan dalam mencerna dan memanfaatkan nutrient (Sudrajat & Effendi, 2002).

Meskipun berbagai penelitian mengenai domestikasi dan manajemen pakan ikan betutu telah dilakukan, sebagian besar kajian masih berfokus pada jenis pakan (Aggraeni & Abdulgani, 2013; Ahlina et al., 2018; Arief et al., 2009; Harahap & Yusapri, 2015), fase larva (Effendi & Sumawidjaja, 2002; Teoh et al., 2019), atau evaluasi pemeliharaan dasar (Ahlina et al., 2019; Sahrim et al., 2019). Informasi mengenai pemanfaatan ikan rucah sebagai pakan alami yang diperkaya melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme probiotik masih sangat terbatas. Padahal, ikan betutu memiliki karakteristik sebagai ikan predator yang secara alami membutuhkan sumber protein hewani tinggi, sehingga penggunaan ikan rucah berpotensi menjadi alternatif pakan yang sesuai secara biologis. Permasalahan utama penggunaan ikan rucah sebagai pakan adalah rendahnya stabilitas nutrien, kemungkinan penurunan kualitas selama penyimpanan, serta efisiensi pemanfaatan nutrien yang belum optimal (Harahap et al., 2026). Oleh sebab itu, diperlukan inovasi pengolahan pakan yang mampu meningkatkan kualitas biologis bahan pakan sekaligus mendukung pertumbuhan ikan secara berkelanjutan.

Fermentasi menggunakan *Effective Microorganisms* 4 (EM4) merupakan salah satu teknologi yang berpotensi meningkatkan kualitas pakan melalui aktivitas mikroorganisme seperti bakteri asam laktat dan kelompok mikroba fermentatif lainnya. Proses fermentasi dapat membantu meningkatkan ketersediaan nutrien, memperbaiki karakteristik bahan pakan, serta mendukung keseimbangan mikroflora saluran pencernaan ikan. Beberapa penelitian pada ikan budidaya menunjukkan bahwa penggunaan probiotik EM4 dalam pakan mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan, pertumbuhan, dan performa fisiologis ikan (Monalisa et al., 2024; Samuki et al., 2026; Siegers et al., 2025). Namun demikian, efektivitas teknologi tersebut pada ikan betutu belum banyak dikaji, terutama pada ikan hasil tangkapan alam yang diarahkan menuju proses domestikasi. Oleh karena itu, penerapan pakan ikan rucah yang diperkaya EM4 dapat menjadi pendekatan inovatif untuk menghubungkan aspek konservasi berbasis domestikasi dengan peningkatan efisiensi produksi budidaya.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian ikan rucah yang diperkaya EM4 terhadap kinerja pertumbuhan, konsumsi pakan, dan efisiensi konversi pakan ikan betutu (*O. marmorata*) dalam sistem budidaya kolam terpal terkontrol. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi nutrisi dan manajemen pakan ikan betutu, sekaligus menyediakan pendekatan praktis bagi pengembangan budidaya berbasis domestikasi di Kabupaten Indragiri Hilir. Secara lebih luas, hasil penelitian ini diharapkan mendukung strategi konservasi sumber daya ikan betutu melalui pengurangan tekanan penangkapan terhadap populasi alami serta pengembangan sistem produksi perikanan yang lebih berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama 56 hari pada Agustus–September 2025 di Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Tempuling Madani Jaya, Jalan Pangkalan Tujuh, RT 006/RW 005, Kelurahan Sungai Salak, Kecamatan Tempuling, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat 0°26′50,98″ LS dan 102°59′44,14″ BT. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan ketersediaan fasilitas pemeliharaan berupa kolam terpal, sumber air sungai, dan sistem aerasi. Sistem kolam terpal digunakan sebagai media pemeliharaan karena memungkinkan pengamatan pertumbuhan, konsumsi pakan, kelulushidupan, dan kondisi kualitas air dilakukan secara relatif terkontrol.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Desain Penelitian

Penelitian dirancang sebagai eksperimen eksploratif untuk mengevaluasi respons ikan betutu hasil tangkapan alam terhadap pemberian ikan rucah yang diperkaya EM4. Sebanyak 20 ekor ikan betutu (*O. marmorata*) dengan bobot individu <500 g digunakan sebagai ikan uji. Ikan ditempatkan ke dalam empat unit kolam terpal, masing-masing lima ekor ikan. Dengan demikian, kolam merupakan unit eksperimen, sedangkan ikan merupakan unit pengamatan individual yang berada di dalam unit eksperimen. Rancangan perlakuan pakan yang diterapkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan Penelitian

Perlakuan	Komposisi perlakuan
P0	Ikan rucah tanpa penambahan EM4
P1	Ikan rucah + EM4 (10 mL kg^{-1})
P2	Ikan rucah + EM4 (15 mL kg^{-1})
P3	Ikan rucah + EM4 (20 mL kg^{-1})

Seluruh perlakuan diberikan dengan target jumlah pakan sebesar 5% biomassa ikan per hari dan frekuensi pemberian dua kali sehari (Ahlina et al., 2019; Nuansa et al., 2018). Dosis EM4 dinyatakan berdasarkan massa ikan rucah agar perlakuan dapat direplikasi dan dibandingkan secara konsisten. Pemilihan ikan rucah sebagai pakan utama didasarkan pada sifat ikan betutu sebagai ikan predator serta penggunaan sumber pakan hewani pada pemeliharaan *O. marmorata* (Aggraeni & Abdulgani, 2013; Ahlina et al., 2018).

Penelitian ini tidak menggunakan ulangan eksperimental antarkolam. Oleh karena itu, empat kolam tidak diperlakukan sebagai empat ulangan dari perlakuan yang sama. Pengukuran berulang setiap tujuh hari digunakan untuk menggambarkan perubahan temporal pertumbuhan ikan, bukan sebagai pengganti replikasi eksperimental. Pendekatan ini dipilih untuk menghindari pseudoreplikasi, yaitu penggunaan pengamatan berulang atau individu dalam satu kolam sebagai seolah-olah merupakan unit percobaan yang independen.

Prosedur Penelitian

Persiapan Kolam dan Media Pemeliharaan

Empat unit kolam terpal berukuran 130 × 130 × 90 cm (panjang × lebar × tinggi) disiapkan sebagai wadah pemeliharaan. Kolam ditempatkan pada permukaan yang rata dan diperiksa untuk memastikan tidak terdapat kebocoran. Seluruh permukaan kolam dibersihkan menggunakan air bersih dan dibilas hingga tidak terdapat residu yang dapat mengganggu ikan maupun kualitas media. Air sungai digunakan sebagai sumber media pemeliharaan. Air terlebih dahulu diendapkan selama 24 jam untuk mengurangi partikel tersuspensi dan memperoleh kondisi media yang lebih stabil. Air kemudian dimasukkan ke masing-masing kolam hingga ketinggian 15–20 cm. Kolam selanjutnya dibiarkan selama tiga hari sebelum ikan ditebar. Setiap kolam dilengkapi dengan aerator yang

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

dioperasikan secara kontinu selama masa pemeliharaan. Aerasi diberikan untuk mempertahankan ketersediaan oksigen terlarut dan membantu menjaga kestabilan kondisi lingkungan.

Aklimatisasi dan Aktivasi EM4

Ikan betutu yang digunakan berjumlah 20 ekor dengan bobot individu kurang dari 500 g. Ikan diperoleh dari hasil tangkapan nelayan atau pengepul lokal di Kabupaten Indragiri Hilir. Penggunaan ikan hasil tangkapan alam dimaksudkan untuk menguji kemampuan ikan beradaptasi terhadap lingkungan pemeliharaan terkontrol sebagai bagian dari pendekatan domestikasi. Sebelum ditebar, seluruh ikan ditempatkan dalam satu kolam fiber dan diaklimatisasi selama tiga hari. Aklimatisasi dilakukan untuk mengurangi stres akibat proses penangkapan, penanganan, dan transportasi serta memberikan kesempatan kepada ikan untuk menyesuaikan diri terhadap kondisi media pemeliharaan (Padusung et al., 2012). Selama 24 jam pertama aklimatisasi, ikan tidak diberi pakan. Setelah periode tersebut, pakan diberikan dalam jumlah terbatas untuk mengamati respons makan. Kondisi ikan diamati secara visual berdasarkan aktivitas, respons terhadap pakan, kondisi tubuh, dan keberadaan ikan yang menunjukkan gejala stres. Suhu, pH, dan oksigen terlarut diamati selama aklimatisasi. Ikan yang menunjukkan kondisi aktif dan respons makan normal kemudian digunakan sebagai ikan uji. Sebelum penebaran, bobot dan panjang awal seluruh ikan diukur. Ikan selanjutnya dibagi ke dalam empat kolam dengan jumlah lima ekor per kolam.

EM4 digunakan sebagai bahan pengayaan ikan rucah. Aktivasi dilakukan sebelum proses pengayaan pakan untuk memperoleh larutan yang siap digunakan dalam proses fermentasi. Sebanyak 45 mL EM4 dicampurkan dengan 50 g gula merah yang telah dilarutkan dan 450 mL air bersih tanpa klorin. Campuran dimasukkan ke dalam wadah tertutup dan difermentasi selama 3–5 hari pada suhu ruang sekitar 28–30 °C. Wadah ditempatkan pada tempat teduh dan campuran diaduk secara berkala. Aktivasi dianggap berhasil apabila larutan menghasilkan aroma fermentasi yang khas dan tidak menunjukkan bau busuk (Monalisa et al., 2024; Syahrizal et al., 2018).

Penerapan Perlakuan

Ikan rucah segar sebagai bahan pakan utama terlebih dahulu disortir untuk memisahkan bahan yang rusak atau tidak layak digunakan. Selanjutnya, ikan dicuci menggunakan air bersih dan dicincang menggunakan alat pencacah hingga diperoleh ukuran yang sesuai dengan kemampuan makan ikan uji. Ikan rucah yang telah dicincang ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing perlakuan. Larutan EM4 teraktivasi ditambahkan berdasarkan dosis perlakuan, yaitu 10, 15, dan 20 mL kg^{-1} ikan rucah untuk P1, P2, dan P3. Pada P0 (kontrol), ikan rucah tidak diberi EM4. Larutan EM4 dicampurkan secara merata ke seluruh bahan pakan menggunakan pengadukan manual. Setelah tercampur, ikan rucah ditempatkan dalam wadah tertutup dan didiamkan selama kurang lebih enam jam sebelum diberikan kepada ikan. Pakan untuk setiap perlakuan disiapkan secara terpisah untuk mencegah kontaminasi silang antarperlakuan.

Pakan diberikan dua kali sehari, yaitu pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB (Ahlina et al., 2018). Jumlah pakan awal ditetapkan sebesar 5% dari biomassa ikan per hari dan dibagi ke dalam dua waktu pemberian (Nuansa et al., 2018). Jumlah pakan disesuaikan setiap tujuh hari berdasarkan hasil pengukuran biomassa *real time*. Pemberian pakan dilakukan dengan pendekatan *at satiation*, yaitu pakan diberikan secara bertahap sampai respons makan ikan menurun (Sahrim et al., 2019). Jumlah pakan yang diberikan dan pakan yang tersisa dicatat pada setiap sesi pemberian. Pakan sisa dikumpulkan dan ditimbang setelah ikan berhenti makan. Jumlah pakan yang benar-benar dikonsumsi dihitung berdasarkan selisih antara jumlah pakan yang diberikan dan jumlah pakan tersisa menggunakan persamaan sebagai berikut (Hardy et al., 2022):

$$F_c = F_d - F_s \quad (1)$$

Di mana: F_c = pakan yang dikonsumsi (g); F_d = pakan yang diberikan (g); F_s = pakan yang tersisa (g).

Pemeliharaan dilakukan selama 56 hari. Aerator dioperasikan secara kontinu pada seluruh kolam. Kondisi ikan diamati setiap hari untuk mencatat aktivitas makan, perubahan kondisi fisik, dan mortalitas. Sisa pakan dan bahan organik yang terlihat di dasar kolam dikeluarkan secara hati-hati. Apabila penggantian air diperlukan berdasarkan kondisi media, volume air yang diganti dicatat dan prosedur yang sama diterapkan pada seluruh kolam. Penanganan media dilakukan secara seragam untuk meminimalkan perbedaan lingkungan yang tidak berkaitan dengan perlakuan pakan.

Pengumpulan Data

Pertumbuhan Bobot dan Panjang

Pengukuran pertumbuhan dilakukan setiap tujuh hari dengan metode sensus total. Seluruh ikan dalam setiap kolam ditangkap menggunakan tangguk dan diukur secara individual. Bobot ikan ditentukan menggunakan timbangan digital, sedangkan panjang total diukur menggunakan kertas milimeter berlaminasi. Pengukuran dilakukan secara hati-hati untuk meminimalkan stres dan kerusakan fisik. Setelah pengukuran selesai, ikan segera

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

dikembalikan ke kolam masing-masing. Pertambahan bobot dan panjang mutlak dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Rihi, 2019):

$$W = W_t - W_0 \quad (2)$$

$$L = L_t - L_0 \quad (3)$$

Di mana: W = pertambahan bobot mutlak (g); W_t = bobot akhir (g); W_0 = bobot awal (g); L = pertambahan panjang mutlak (cm); L_t = panjang akhir (cm); L_0 = panjang awal (cm).

Laju pertumbuhan spesifik (*specific growth rate*/SGR) dihitung berdasarkan perubahan logaritmik bobot dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Harahap et al., 2026):

$$SGR = \frac{ln\, W_t - ln W_0}{t} x\ 100 \quad (4)$$

Di mana: SGR = laju pertumbuhan spesifik (% hari^{-1}); W_t = bobot akhir (g); W_0 = bobot awal (g); t = lama pemeliharaan (hari).

Laju Konsumsi dan Konversi Pakan

Laju konsumsi pakan (*feed intake rate*/FR) dihitung berdasarkan jumlah pakan yang benar-benar dikonsumsi dibandingkan dengan biomassa ikan pada masing-masing kolam. Nilai tersebut digunakan untuk menggambarkan pola konsumsi ikan selama pemeliharaan dan membandingkan kecenderungan respons makan antarperlakuan secara deskriptif. Perhitungan FR menggunakan persamaan sebagai berikut (Salze & Davis, 2015):

$$FR = \frac{F_c}{B} x100 \quad (5)$$

Di mana: FR = laju konsumsi pakan (% biomassa hari^{-1}); Fc = jumlah pakan yang dikonsumsi (g); B = biomassa ikan (g).

Efisiensi pemanfaatan pakan dievaluasi menggunakan rasio konversi pakan (*feed conversion ratio*/FCR). Nilai FCR yang lebih rendah menunjukkan bahwa jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan pertambahan biomassa semakin sedikit, sehingga pemanfaatan pakan semakin efisien. FCR dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Hendriana et al., 2023):

$$FCR = \frac{F_c}{W_t - W_0} \quad (6)$$

Di mana: FCR = rasio konversi pakan; F_c = total pakan yang dikonsumsi selama pemeliharaan (g); W_t = biomassa akhir ikan (g); W_0 = biomassa awal ikan (g).

Kelulushidupan dan Kualitas Air

Kelulushidupan (*survival rate*/SR) dihitung berdasarkan perbandingan jumlah ikan yang hidup pada akhir pemeliharaan dengan jumlah ikan pada awal pemeliharaan. Mortalitas dicatat setiap kali ditemukan ikan mati. Ikan yang mati segera dikeluarkan dari kolam dan jumlah serta waktu kematian dicatat berdasarkan unit perlakuan. Nilai SR dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Ahlina et al., 2019):

$$SR = \frac{N_t}{N_0} x100 \quad (7)$$

Di mana: SR = kelulushidupan (%); N_t = jumlah ikan hidup pada akhir pemeliharaan (ekor); N_0 = jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor).

Parameter kualitas air diamati sebagai data pendukung untuk mengevaluasi kondisi lingkungan pemeliharaan. Parameter yang diukur meliputi suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan salinitas. Suhu diukur menggunakan termometer digital, pH menggunakan pH meter, DO menggunakan DO meter, dan salinitas menggunakan refraktometer. Pengukuran dilakukan dua kali sehari, yaitu sebelum pemberian pakan pagi dan sore, pada setiap kolam secara terpisah. Hasil pengukuran dicatat dalam lembar pengamatan dan digunakan untuk menggambarkan pola fluktuasi kondisi media selama penelitian. Parameter kualitas air tidak diposisikan sebagai perlakuan, tetapi digunakan sebagai informasi pendukung dalam menjelaskan kemungkinan perubahan respons pertumbuhan, konsumsi pakan, dan kelulushidupan.

Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara kuantitatif-deskriptif untuk mengevaluasi respons ikan betutu (*O. marmorata*) terhadap pemberian ikan rucah yang diperkaya EM4 pada dosis berbeda. Parameter yang dianalisis meliputi pertambahan bobot mutlak, pertambahan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik (*specific growth rate*/SGR), laju konsumsi pakan (*feed intake rate*/FR), rasio konversi pakan (*feed conversion ratio*/FCR), kelulushidupan (*survival rate*/SR), serta parameter kualitas air. Hasil analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menggambarkan perubahan respons ikan selama 56 hari pemeliharaan. Grafik pertumbuhan digunakan untuk menunjukkan perkembangan bobot dan panjang ikan pada setiap periode pengamatan, sedangkan grafik konsumsi pakan dan FCR digunakan untuk menggambarkan pola pemanfaatan pakan pada masing-masing perlakuan. Parameter kualitas air disajikan dalam bentuk nilai minimum, maksimum, dan kisaran pengamatan pada setiap perlakuan untuk menggambarkan kestabilan kondisi media pemeliharaan.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

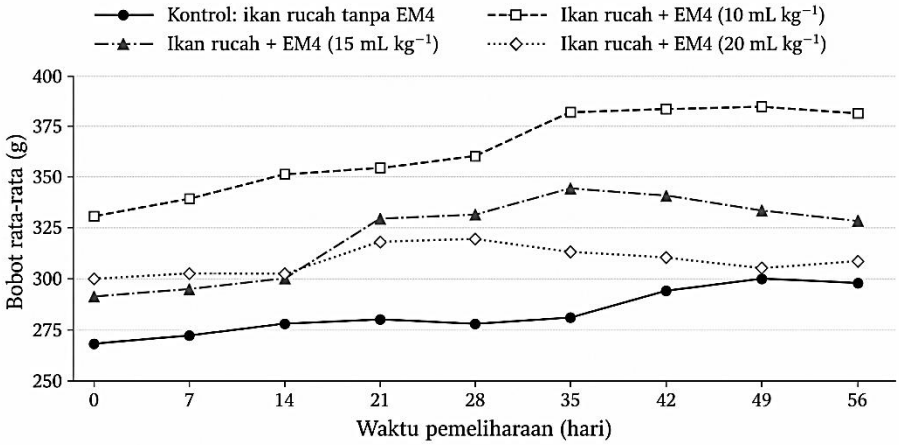
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

Perbandingan antarperlakuan dilakukan berdasarkan nilai aktual dan kecenderungan perubahan masing-masing parameter selama penelitian. Perlakuan yang menunjukkan pertambahan bobot dan panjang, SGR, serta SR dan FR yang tinggi menunjukkan pemanfaatan pakan efisien. Sedangkan nilai FCR yang lebih rendah dipandang menunjukkan efisiensi pemanfaatan pakan yang lebih tinggi karena jumlah pakan yang diperlukan untuk menghasilkan setiap satuan pertambahan biomassa lebih sedikit. Untuk mengidentifikasi perlakuan yang menunjukkan performa paling baik, setiap parameter dibandingkan secara terpadu, bukan berdasarkan satu indikator tunggal. Penentuan perlakuan potensial mempertimbangkan kesesuaian antara pertumbuhan, konsumsi pakan, efisiensi konversi pakan, dan kelulushidupan. Pendekatan tersebut digunakan agar evaluasi efektivitas pakan tidak hanya didasarkan pada peningkatan bobot, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi penggunaan input pakan dan keberlangsungan hidup ikan. Seluruh pengolahan dan tabulasi data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel*. Data disajikan dalam satuan asli masing-masing parameter dan dibulatkan secara konsisten untuk memudahkan pembacaan tanpa menghilangkan informasi biologis yang diperoleh selama pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Bobot Ikan Betutu

Pertumbuhan bobot ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan memperlihatkan kecenderungan meningkat pada seluruh perlakuan, meskipun pola perubahan antarperlakuan tidak seragam. Bobot rata-rata awal masing-masing perlakuan adalah 268,00 g pada kontrol, 330,80 g pada perlakuan EM4 10 mL kg^{-1} ikan rucah, 291,20 g pada perlakuan 15 mL kg^{-1}, dan 300,00 g pada perlakuan 20 mL kg^{-1}. Pada akhir pemeliharaan, bobot rata-rata berturut-turut menjadi 298,80; 381,00; 327,67; dan 308,00 g. Dengan demikian, pertambahan bobot rata-rata selama 56 hari mencapai 30,80 g pada kontrol, 50,20 g pada dosis 10 mL kg^{-1}, 36,47 g pada dosis 15 mL kg^{-1}, dan 8,00 g pada dosis 20 mL kg^{-1}. Secara deskriptif, dosis 10 mL kg^{-1} menghasilkan akumulasi pertambahan bobot paling tinggi. Perubahan bobot rata-rata ikan betutu selama pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan bobot (g) rata-rata ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan

Akselerasi bobot pada perlakuan 10 mL kg^{-1} terutama terlihat sejak minggu kedua dan mencapai 382,20 g pada hari ke-35, sebelum relatif stabil hingga akhir penelitian. Pola tersebut mengindikasikan bahwa pada dosis tersebut pakan ikan rucah yang diperkaya EM4 mampu mendukung konsumsi dan pemanfaatan nutrien secara relatif lebih konsisten. Fermentasi dengan EM4 secara teoritis dapat mengubah karakteristik bahan pakan melalui aktivitas mikroorganisme, sedangkan keberadaan probiotik pada pakan dapat mendukung proses pencernaan dan pemanfaatan nutrient (Telaumbanua et al., 2023). Penelitian pada ikan nila menunjukkan bahwa penambahan EM4 pada pakan dapat meningkatkan pertumbuhan (Wardoyo & Nasmia, 2021), sementara penelitian pada ikan patin juga melaporkan perbaikan pertumbuhan dan konversi pakan setelah pakan difermentasi dengan EM4 (Syahrizal et al., 2018).

Respons pada dosis 15 dan 20 mL kg^{-1} memperlihatkan pola yang berbeda. Perlakuan 15 mL kg^{-1} sempat meningkat hingga 344,25 g pada hari ke-35, kemudian menurun menjadi 327,67 g pada hari ke-56, sedangkan dosis 20 mL kg^{-1} mencapai 319,75 g pada hari ke-28 dan selanjutnya turun hingga 308,00 g. Penurunan tersebut tidak dapat langsung diatribusikan kepada peningkatan dosis EM4 karena dua ekor ikan pada masing-masing perlakuan tersebut mengalami kematian selama pemeliharaan, sehingga perubahan jumlah ikan turut mengubah nilai bobot rata-rata kolam. Dengan demikian, fluktuasi bobot pada kedua perlakuan merupakan hasil interaksi antara

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

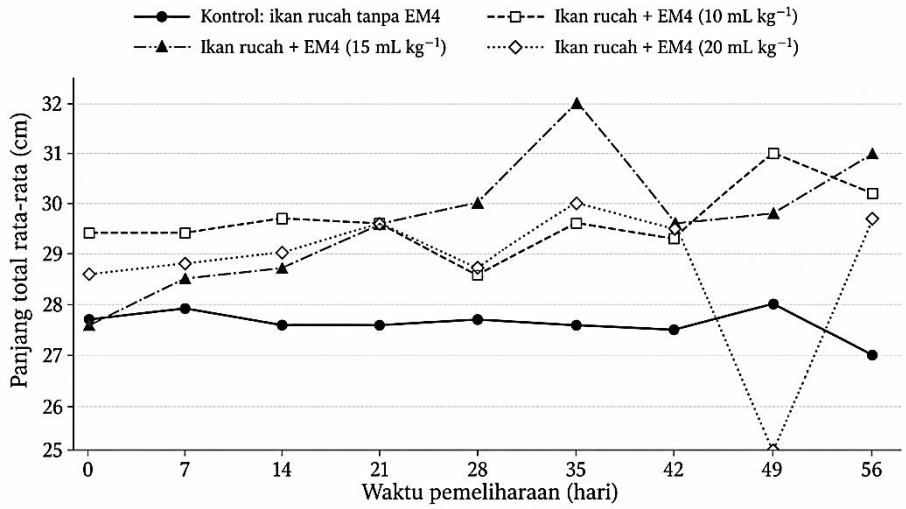
pertumbuhan individual, mortalitas, konsumsi pakan, dan kondisi pemeliharaan. Fenomena ini penting diperhatikan karena penelitian *O. marmorata* juga menunjukkan bahwa performa pertumbuhan dipengaruhi oleh kondisi pemeliharaan dan respons fisiologis ikan, bukan hanya faktor pakan (Prihadi et al., 2018).

Keunggulan dosis 10 mL kg^{-1} dalam pertambahan bobot tidak berarti bahwa semakin tinggi dosis EM4 akan selalu menghasilkan pertumbuhan yang semakin tinggi. Respons tersebut justru mengarah pada adanya kisaran dosis yang lebih sesuai dengan kondisi ikan, bahan pakan, dan lingkungan penelitian. Penelitian pada ikan patin menunjukkan bahwa fermentasi EM4 dapat memperbaiki kualitas pakan dan menghasilkan FCR yang lebih rendah dibandingkan pakan tanpa fermentasi (Syahrizal et al., 2018), sedangkan penelitian lain pada ikan nila memperlihatkan bahwa dosis EM4 optimum berada pada tingkat tertentu dan tidak meningkat secara linear dengan dosis (Simamora et al., 2021). Oleh sebab itu, respons bobot pada penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai indikasi awal bahwa dosis 10 mL kg^{-1} merupakan dosis yang menjanjikan untuk pengujian lebih lanjut.

Pertumbuhan Panjang Ikan Betutu

Pertumbuhan panjang memperlihatkan pola yang tidak sepenuhnya sejalan dengan pertumbuhan bobot. Panjang total rata-rata pada awal pemeliharaan adalah 27,66 cm pada kontrol, 29,40 cm pada dosis 10 mL kg^{-1}, 27,60 cm pada dosis 15 mL kg^{-1}, dan 28,60 cm pada dosis 20 mL kg^{-1}. Pada akhir pemeliharaan, nilainya masing-masing menjadi 27,00; 30,20; 31,00; dan 29,67 cm. Pertambahan panjang bersih selama 56 hari dengan demikian mencapai −0,66 cm pada kontrol, 0,80 cm pada dosis 10 mL kg^{-1}, 3,40 cm pada dosis 15 mL kg^{-1}, dan 1,07 cm pada dosis 20 mL kg^{-1}. Secara deskriptif, dosis 15 mL kg^{-1} memberikan pertambahan panjang terbesar. Perubahan panjang total rata-rata ikan betutu selama pemeliharaan disajikan pada Gambar 3.

Pertambahan panjang paling menonjol pada perlakuan 15 mL kg^{-1}, terutama hingga hari ke-35 ketika panjang rata-rata mencapai 32,00 cm. Setelah itu terjadi penurunan menjadi 29,50 cm pada hari ke-42 dan 29,75 cm pada hari ke-49 sebelum kembali menjadi 31,00 cm pada akhir pemeliharaan. Perubahan tersebut tidak dapat diperlakukan sebagai pertumbuhan negatif pada tingkat individu karena nilai yang digunakan merupakan rata-rata panjang ikan yang masih hidup dalam kolam, di mana kematian individu berukuran tertentu dapat mengubah rata-rata populasi secara substansial. Karena itu, pola panjang pada penelitian ini perlu dibaca bersama data kelangsungan hidup dan kondisi ikan selama pemeliharaan.



Gambar 3. Perubahan panjang total (cm) rata-rata ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan

Pertumbuhan panjang yang lebih tinggi pada dosis 15 mL kg^{-1} dapat dikaitkan dengan kecukupan nutrien yang tersedia untuk pembentukan jaringan dan struktur tubuh. Pakan merupakan sumber protein dan energi yang diperlukan untuk pemeliharaan sekaligus pertumbuhan, sedangkan proses fermentasi dapat memodifikasi karakteristik bahan pakan sehingga berpotensi meningkatkan pemanfaatannya. Pada *O. marmorata*, penelitian Teoh et al. (2019) menunjukkan bahwa karakteristik pakan dapat memengaruhi performa pertumbuhan dan pemanfaatan pakan juvenil ikan betutu, sehingga kualitas dan pengolahan pakan merupakan komponen penting dalam pemeliharaan spesies ini.

Fluktuasi pada perlakuan 20 mL kg^{-1} lebih tajam, khususnya penurunan dari 29,43 cm pada hari ke-42 menjadi 25,00 cm pada hari ke-49. Nilai tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena pada perlakuan yang sama terjadi mortalitas dua ekor ikan serta dilaporkan adanya kerusakan ekor dan gangguan kesehatan selama

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

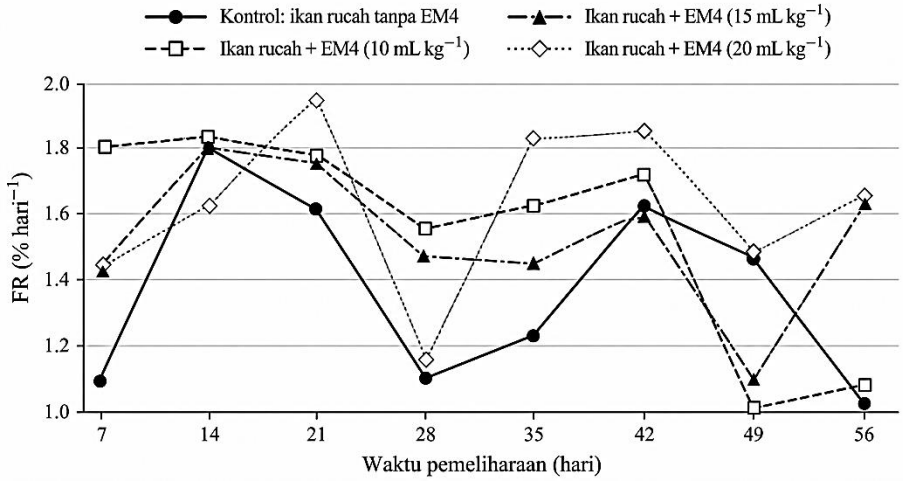
pemeliharaan. Pengukuran *total length* pada ikan dengan sirip atau ekor yang rusak dapat menghasilkan nilai yang lebih rendah tanpa mencerminkan kehilangan jaringan tubuh secara proporsional. Dengan demikian, penurunan nilai rata-rata tersebut lebih tepat dipandang sebagai perubahan komposisi ikan yang tersisa dan kondisi morfometrik saat pengukuran daripada sebagai bukti bahwa EM4 20 mL menyebabkan penyusutan tubuh.

Secara komparatif, penelitian Prihadi et al. (2018) memperlihatkan bahwa ikan betutu memiliki respons pertumbuhan yang dipengaruhi oleh kondisi pemeliharaan dan kepadatan, dengan pertumbuhan spesifik bobot dan panjang tertinggi diperoleh pada kepadatan terendah yang diuji. Temuan tersebut memperkuat interpretasi bahwa pertumbuhan *O. marmorata* merupakan hasil interaksi antara ketersediaan nutrien, kondisi lingkungan, dan tekanan pemeliharaan. Dalam konteks penelitian ini, dosis 15 mL kg^{-1} dapat dipertimbangkan sebagai perlakuan yang menunjukkan respons panjang paling baik, tetapi belum dapat disebut sebagai dosis optimum secara definitif karena tidak terdapatnya replikasi eksperimental pada penelitian ini.

Laju Konsumsi Pakan (FR)

FR menunjukkan fluktuasi antarwaktu pada seluruh perlakuan. Nilai FR berkisar antara 0,98–1,85% $hari^{-1}$ pada kontrol, 0,98–1,84% $hari^{-1}$ pada dosis 10 mL kg^{-1}, 1,09–1,80% $hari^{-1}$ pada dosis 15 mL kg^{-1}, dan 1,16–1,95% $hari^{-1}$ pada dosis 20 mL kg^{-1}. Nilai tertinggi pada masing-masing perlakuan tidak terjadi pada waktu yang sama, sehingga respons konsumsi bersifat dinamis sepanjang pemeliharaan. Pada akhir penelitian, FR mencapai 1,01% $hari^{-1}$ pada kontrol, 1,06% $hari^{-1}$ pada dosis 10 mL kg^{-1}, serta masing-masing 1,64% $hari^{-1}$ pada dosis 15 dan 20 mL kg^{-1}. Pola tersebut memperlihatkan bahwa konsumsi pakan tidak bergerak linear mengikuti peningkatan dosis EM4. Nilai FR ikan betutu selama pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 4.

FR yang relatif tinggi pada beberapa perlakuan EM4 mengindikasikan bahwa ikan tetap merespons pakan fermentasi secara baik selama pemeliharaan. Namun, FR yang tinggi tidak secara otomatis berarti pertumbuhan atau efisiensi pakan tinggi karena konsumsi harus dilihat bersama perubahan biomassa. Pada dosis 20 mL kg^{-1}, misalnya, FR mencapai nilai tertinggi 1,95% $hari^{-1}$ pada hari ke-21 dan tetap relatif tinggi pada hari ke-35 dan ke-42, tetapi pertambahan bobot akhir hanya 8,00 g. Pola ini memperlihatkan bahwa kuantitas pakan yang masuk ke tubuh tidak selalu berbanding lurus dengan deposisi biomassa, sehingga kualitas pemanfaatan nutrien lebih informatif jika dibaca bersama FCR.



Gambar 4. Nilai FR (% $hari^{-1}$) ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan

Peningkatan konsumsi pada pakan yang diperkaya probiotik dapat berkaitan dengan perubahan karakteristik pakan setelah proses fermentasi. Aktivitas mikroorganisme selama fermentasi berpotensi mengubah aroma, tekstur, dan ketersediaan senyawa tertentu dalam bahan pakan sehingga memengaruhi penerimaan ikan (Haetami et al., 2025). Telaumbanua et al. (2023) menempatkan perbaikan kualitas pakan dan lingkungan sebagai salah satu mekanisme yang mendasari penggunaan EM4 dalam akuakultur, sedangkan Wardoyo & Nasmia (2021) melaporkan respons pertumbuhan yang lebih baik pada ikan nila yang menerima pakan dengan EM4.

Meskipun demikian, interpretasi FR perlu mempertimbangkan perubahan biomassa akibat mortalitas. Ketika jumlah ikan dalam suatu kolam berkurang, kebutuhan pakan yang dihitung berdasarkan biomassa juga berubah. Sebaliknya, nilai FR yang dihitung terhadap biomassa tersisa dapat meningkat apabila konsumsi aktual belum turun secara proporsional. Kondisi tersebut kemungkinan ikut menjelaskan mengapa dosis 15 dan 20 mL kg^{-1} tetap memperlihatkan FR relatif tinggi pada akhir pemeliharaan meskipun kedua perlakuan mengalami

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

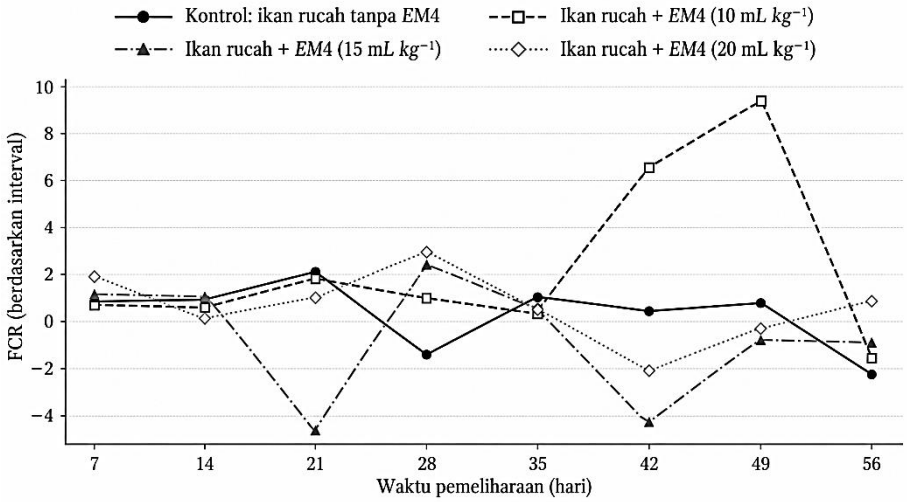
ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

mortalitas. Penelitian pada ikan lain juga menunjukkan bahwa respons terhadap dosis EM4 bersifat spesifik spesies dan tidak selalu meningkat secara linear dengan penambahan dosis (Siegers et al., 2025; Simamora et al., 2021).

Rasio Konversi Pakan (FCR)

FCR menunjukkan perubahan yang sangat fluktuatif sepanjang periode pengamatan. Nilai pada beberapa interval berada pada kisaran positif, sedangkan sejumlah interval menghasilkan nilai negatif karena perubahan biomassa rata-rata ikan pada periode tersebut bernilai negatif. Secara matematis, nilai negatif muncul ketika penyebut berupa pertambahan biomassa bernilai negatif, bukan karena ikan mampu mengonversi pakan menjadi biomassa dengan "efisiensi negatif". Oleh sebab itu, nilai FCR negatif tidak digunakan sebagai indikator efisiensi biologis dan tidak dibandingkan sebagai nilai FCR yang lebih baik daripada nilai positif. Interpretasi utama FCR diarahkan pada interval dengan pertambahan biomassa positif dan pada kecenderungan keseluruhan pemanfaatan pakan. Nilai FCR selama pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.

Interval hari ke-35 memberikan gambaran paling jelas mengenai pemanfaatan pakan ketika seluruh perlakuan memiliki pertambahan biomassa positif. FCR pada dosis 10 mL kg^{-1} mencapai 0,28, lebih rendah daripada kontrol 1,01, dosis 15 mL kg^{-1} sebesar 0,43, dan dosis 20 mL kg^{-1} sebesar 0,63. Secara deskriptif, periode tersebut memperlihatkan bahwa dosis 10 mL kg^{-1} mampu menghasilkan pertambahan biomassa dengan jumlah pakan yang relatif lebih rendah. Temuan tersebut konsisten dengan prinsip bahwa nilai FCR yang rendah mencerminkan penggunaan pakan yang lebih efisien, sebagaimana dilaporkan pada penelitian EM4 ikan patin dan ikan nila (Harahap et al., 2026; Simamora et al., 2021; Syahrizal et al., 2018). Pada dosis 10 mL kg^{-1}, FCR kemudian meningkat tajam menjadi 6,60 pada hari ke-42 dan 9,43 pada hari ke-49. Kenaikan tersebut bertepatan dengan fase ketika bobot rata-rata ikan relatif tidak bertambah secara berarti, dari 383,20 g pada hari ke-42 menjadi 383,60 g pada hari ke-49. Karena pertambahan biomassa sangat kecil sementara pakan tetap dikonsumsi, nilai rasio menjadi sangat besar. Fenomena tersebut bukan berarti kualitas pakan tiba-tiba memburuk secara absolut, tetapi memperlihatkan sensitivitas FCR interval terhadap perubahan biomassa yang kecil. Oleh karena itu, FCR pada interval pendek harus ditafsirkan bersama kurva bobot dan konsumsi pakan, bukan sebagai indikator tunggal.



Gambar 5. Nilai FCR berdasarkan interval selama 56 hari pemeliharaan

Hasil tersebut juga menjelaskan mengapa penggunaan FCR kumulatif selama seluruh periode pemeliharaan lebih informatif apabila data total pakan harian tersedia secara lengkap. Penelitian *O. marmorata* oleh Teoh et al. (2019) mengevaluasi pertumbuhan dan pemanfaatan pakan melalui periode pemeliharaan yang terstruktur. Sedangkan penelitian EM4 pada ikan patin melaporkan FCR sebagai indikator efisiensi pada keseluruhan periode percobaan (Simamora et al., 2021). Dalam penelitian ini, data yang disajikan pada Gambar 5 lebih tepat diperlakukan sebagai FCR interval, di mana nilai ekstrem negatif tidak digunakan untuk menetapkan perlakuan terbaik.

Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

SGR memperlihatkan fluktuasi antarperiode dan antarperlakuan. Pada tujuh hari pertama, dosis 10 mL kg^{-1} menghasilkan SGR tertinggi sebesar 0,34% $hari^{-1}$, diikuti kontrol 0,22%, dosis 15 mL kg^{-1} 0,19%, dan dosis 20 mL kg^{-1} 0,10% $hari^{-1}$. Nilai tertinggi selama satu interval pengamatan tercatat pada dosis 15 mL kg^{-1} pada hari ke-

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

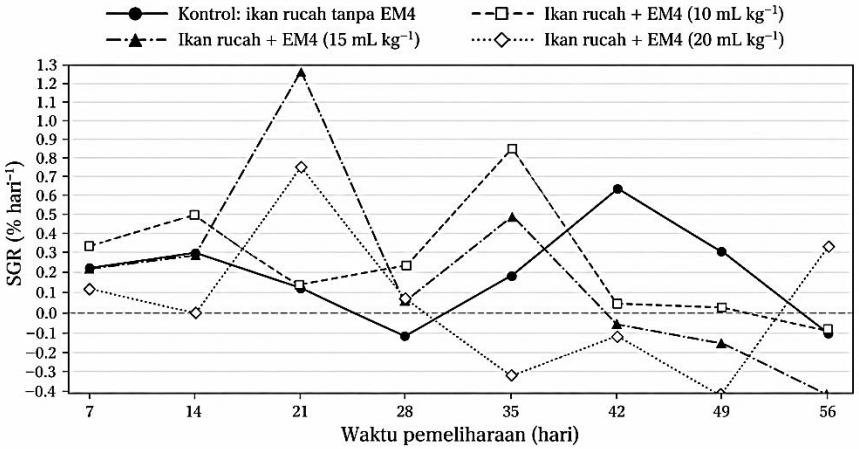
ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

21 sebesar 1,26% hari^{-1}, sedangkan nilai negatif muncul pada beberapa interval ketika bobot rata-rata menurun. Pada akhir periode, SGR interval tercatat −0,07% hari^{-1} pada kontrol, −0,10% pada dosis 10 mL kg^{-1}, −0,42% pada dosis 15 mL kg^{-1}, dan 0,33% pada dosis 20 mL kg^{-1}. Pola ini memperlihatkan bahwa pertumbuhan ikan berlangsung secara dinamis dan tidak linear. Nilai SGR ikan betutu selama pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 6.

Secara biologis, SGR positif mencerminkan peningkatan bobot relatif terhadap bobot awal interval, sedangkan SGR negatif menunjukkan bahwa bobot rata-rata pada akhir interval lebih rendah daripada awal interval. Nilai negatif dalam penelitian ini perlu dikaitkan dengan perubahan jumlah ikan dan kondisi individu, bukan semata-mata dengan kegagalan pertumbuhan. Pada dosis 15 mL kg^{-1}, misalnya, SGR yang tinggi pada hari ke-21 sejalan dengan kenaikan bobot rata-rata dari 301,00 menjadi 328,75 g, sedangkan penurunan pada periode akhir berkaitan dengan perubahan bobot rata-rata setelah terjadi mortalitas. Pola demikian menegaskan bahwa SGR interval pada desain penelitian ini lebih sesuai digunakan untuk menggambarkan dinamika pertumbuhan daripada sebagai ukuran tunggal keberhasilan perlakuan.

Jika dihitung berdasarkan bobot awal dan bobot akhir selama 56 hari, pertumbuhan bersih menghasilkan SGR kumulatif sekitar 0,19% hari^{-1} pada kontrol, 0,25% hari^{-1} pada dosis 10 mL kg^{-1}, 0,21% hari^{-1} pada dosis 15 mL kg^{-1}, dan 0,05% hari^{-1} pada dosis 20 mL kg^{-1}. Perhitungan kumulatif ini memberikan gambaran yang lebih stabil dibandingkan SGR interval karena tidak terlalu dipengaruhi oleh fluktuasi mingguan. Hasil tersebut kembali menempatkan dosis 10 mL kg^{-1} sebagai perlakuan dengan respons pertumbuhan bobot kumulatif paling tinggi, sementara dosis 20 mL kg^{-1} menghasilkan respons paling rendah. Penelitian Prihadi et al. (2018) pada ikan betutu juga menunjukkan bahwa SGR merupakan parameter yang sensitif terhadap kondisi pemeliharaan dan dapat digunakan untuk menggambarkan performa pertumbuhan dalam periode tertentu.



Gambar 6. Nilai SGR (% hari^{-1}) ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan

Respons dosis EM4 yang tidak linear konsisten dengan hasil penelitian pada ikan lain. Wardoyo & Nasmia (2021) menemukan bahwa penambahan EM4 pada pakan dapat meningkatkan pertumbuhan ikan nila, sedangkan Simamora et al. (2021) menemukan respons pertumbuhan yang berbeda menurut dosis EM4 pada ikan patin. Dengan demikian, peningkatan dosis probiotik tidak dapat diasumsikan selalu menghasilkan peningkatan SGR karena efektivitasnya dipengaruhi oleh interaksi dosis, bahan pakan, fisiologi spesies, dan lingkungan pemeliharaan.

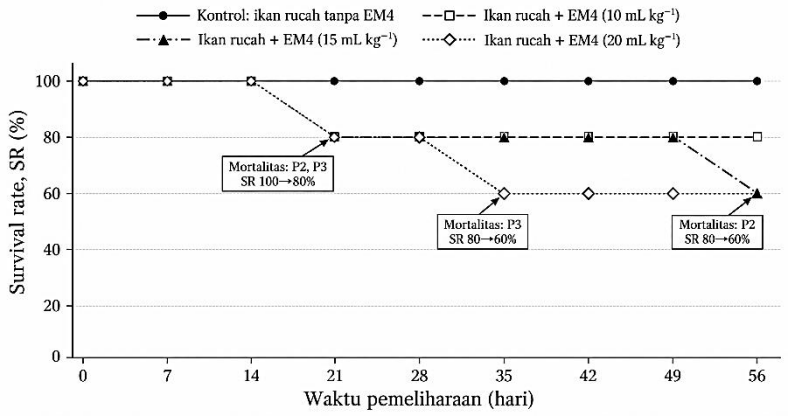
Kelulushidupan (SR)

SR merupakan parameter yang memberikan konteks penting terhadap interpretasi pertumbuhan karena perubahan rata-rata bobot dan panjang dipengaruhi oleh jumlah ikan yang bertahan dalam setiap kolam. Selama 56 hari, kontrol dan perlakuan EM4 10 mL kg^{-1} mempertahankan SR sebesar 100%. Perlakuan 15 mL kg^{-1} turun menjadi 80% pada hari ke-21 dan bertahan hingga hari ke-49 sebelum mencapai 60% pada hari ke-56, sedangkan perlakuan 20 mL kg^{-1} turun menjadi 80% pada hari ke-21 dan 60% sejak hari ke-35 hingga akhir penelitian. Mortalitas dua ekor ikan pada masing-masing perlakuan 15 dan 20 mL kg^{-1} menjadi penyebab utama perbedaan SR tersebut. Data ini menempatkan dosis 10 mL kg^{-1} bersama kontrol sebagai perlakuan dengan sintasan akhir tertinggi. Nilai SR ikan betutu selama pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 7.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264



Gambar 7. Nilai SR (%) ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan

Tingginya SR pada kontrol dan dosis 10 mL kg⁻¹ menunjukkan bahwa kedua kondisi pemeliharaan mampu mempertahankan kelangsungan hidup seluruh ikan hingga akhir penelitian. Namun, data ini tidak cukup untuk menyatakan bahwa EM4 10 mL kg⁻¹ secara kausal meningkatkan sintasan karena kontrol juga menghasilkan SR 100%. Sebaliknya, penurunan SR pada dosis 15 dan 20 mL kg⁻¹ bertepatan dengan kejadian gangguan kesehatan yang dilaporkan selama pemeliharaan, sehingga penyebab mortalitas perlu dipandang sebagai faktor multifaktorial. Sintasan ikan betutu merupakan respons terhadap kondisi pemeliharaan dan tidak hanya ditentukan oleh satu faktor perlakuan (Ahlina et al., 2018; Harahap et al., 2026; Prihadi et al., 2018).

Peran EM4 dalam mendukung kesehatan ikan secara teoritis dapat berkaitan dengan perubahan lingkungan mikrobiologis dan pemanfaatan nutrien. Namun, manfaat tersebut sangat bergantung pada dosis dan kondisi sistem budidaya. Telaumbanua et al. (2023) menekankan bahwa aplikasi EM4 dalam akuakultur berkaitan dengan kualitas pakan dan lingkungan, sedangkan penelitian Wardoyo & Nasmia (2021) menemukan bahwa EM4 dapat meningkatkan pertumbuhan tetapi kisaran sintasan tetap dipengaruhi oleh kondisi pemeliharaan. Dengan demikian, SR 100% pada dosis 10 mL kg⁻¹ lebih tepat diposisikan sebagai indikasi kompatibilitas perlakuan dengan kondisi pemeliharaan daripada bukti peningkatan imunitas.

Kejadian mortalitas pada dosis 15 dan 20 mL kg⁻¹ juga perlu dibaca bersama laporan adanya infeksi jamur/parasit dan kerusakan tubuh selama pemeliharaan. Karena penelitian tidak mencakup identifikasi patogen secara laboratoris, penyebab kematian tidak dapat dipastikan secara etiologis hanya berdasarkan pengamatan lapangan. Pernyataan yang lebih kuat secara ilmiah adalah bahwa mortalitas berasosiasi dengan gejala gangguan kesehatan yang diamati, sedangkan hubungan langsung dengan dosis EM4 masih memerlukan verifikasi. Pendekatan tersebut mencegah atribusi kausal yang berlebihan terhadap probiotik tanpa data mikrobiologi atau histopatologi pendukung.

Kualitas Air

Kondisi kualitas air selama penelitian relatif stabil dan secara umum berada pada kisaran yang mendukung pemeliharaan ikan betutu. Suhu seluruh perlakuan berada pada kisaran 25,1–27,1 °C, salinitas 0,01–0,02%, pH 5,84–7,09, dan DO 4,84–6,40 mg L⁻¹. Nilai DO tidak menunjukkan penurunan ekstrem meskipun ikan menerima pakan rucah dan aerasi diberikan secara kontinu. Stabilitas parameter tersebut memberikan dasar bahwa perubahan pertumbuhan dan konsumsi pakan terutama perlu ditafsirkan bersama faktor biologis ikan dan karakteristik perlakuan, bukan sebagai akibat gangguan kualitas air yang berat. Namun, pH minimum 5,84 perlu diperhatikan karena berada sedikit di bawah kisaran pH umum yang sering digunakan sebagai acuan budidaya ikan air tawar. Kisaran nilai parameter kualitas air selama pemeliharaan secara rinci disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisaran parameter kualitas air selama 56 hari pemeliharaan

Parameter	Kisaran pengamatan	Satuan	Keterangan
Suhu	25,1–27,1	°C	Relatif stabil
Salinitas	0,01–0,02	%	Perairan tawar
pH	5,84–7,09	—	Fluktuasi ringan–sedang
DO	4,84–6,40	mg L⁻¹	Tetap tersedia untuk respirasi

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berkaitan erat dengan laju metabolisme, konsumsi pakan, dan pertumbuhan ikan. Kisaran 25,1–27,1 °C pada penelitian ini menunjukkan kondisi yang relatif konstan sehingga

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)
Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

perubahan suhu ekstrem tidak menjadi ciri utama media pemeliharaan. Penelitian Harahap et al. (2026) menunjukkan bahwa *O. marmorata* dapat dipelihara dalam sistem terkontrol dan pertumbuhan dipengaruhi oleh interaksi antara lingkungan dan kondisi biologis ikan. Dengan demikian, kestabilan suhu selama penelitian mendukung interpretasi bahwa respons antarperlakuan lebih berkaitan dengan karakteristik pakan dan kondisi individual ikan.

Salinitas berada pada 0,01–0,02%, sehingga media pemeliharaan tetap berada pada kondisi perairan tawar. Fluktuasi yang sangat kecil menunjukkan bahwa salinitas bukan faktor pembeda utama antarperlakuan. Kondisi ini relevan bagi *O. marmorata* yang merupakan ikan air tawar dan pada penelitian budidaya sebelumnya dipelihara dalam media tawar. Ahlina et al. (2019), yang melakukan penelitian ikan betutu di Kabupaten Indragiri Hilir, juga menempatkan kondisi wadah sebagai salah satu faktor yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan.

Nilai pH berkisar 5,84–7,09, dengan nilai minimum ditemukan pada kontrol di akhir pengamatan dan nilai maksimum 7,09 pada beberapa perlakuan pada hari ke-21. Fluktuasi tersebut dapat berkaitan dengan proses metabolisme ikan, respirasi, dekomposisi bahan organik, serta perubahan keseimbangan karbonat dalam media. Karena tidak dilakukan pengukuran amonia, nitrit, alkalinitas, atau bahan organik, mekanisme spesifik perubahan pH tidak dapat ditentukan dari data penelitian ini. Telaumbanua et al. (2023) menekankan bahwa penggunaan probiotik dalam akuakultur perlu dibaca bersama kondisi media karena aktivitas mikroorganisme dan keberadaan bahan organik dapat berinteraksi dengan kualitas air.

DO berada pada 4,84–6,40 mg L^{-1} dan tetap tersedia sepanjang pemeliharaan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aerasi mampu mempertahankan oksigen terlarut pada tingkat yang relatif stabil, termasuk ketika konsumsi pakan dan aktivitas mikroorganisme berlangsung. Kondisi DO yang memadai penting karena kekurangan oksigen dapat menekan aktivitas makan dan pertumbuhan, serta meningkatkan stres fisiologis. Pada penelitian ikan betutu, Prihadi et al. (2018) juga menempatkan kualitas lingkungan sebagai salah satu komponen penting dalam keberhasilan pemeliharaan terkontrol.

Secara keseluruhan, kualitas air tidak memperlihatkan indikasi perubahan ekstrem yang dapat menjelaskan seluruh variasi pertumbuhan. Oleh karena itu, dosis EM4 tidak dapat diklaim memperbaiki kualitas air hanya berdasarkan data yang tersedia, terutama karena tidak terdapat pengukuran parameter nitrogen seperti amonia dan nitrit. Data kualitas air dalam penelitian ini lebih tepat digunakan sebagai konteks lingkungan yang menunjukkan bahwa ikan dipelihara dalam kondisi relatif stabil. Interpretasi ini lebih kuat daripada mengatribusikan perubahan pH atau DO secara langsung kepada aktivitas EM4 tanpa data mekanistik.

Respons Pertumbuhan, Konsumsi Pakan, dan Kelangsungan Hidup

Jika seluruh parameter dibaca secara terpadu, perlakuan 10 mL kg^{-1} menunjukkan profil respons yang paling konsisten. Perlakuan tersebut menghasilkan pertambahan bobot rata-rata tertinggi sebesar 50,20 g, SGR kumulatif sekitar 0,25% $hari^{-1}$, SR 100%, serta FCR interval yang relatif rendah pada beberapa fase pemeliharaan, terutama 0,28 pada hari ke-35. Perlakuan 15 mL kg^{-1} memberikan pertambahan panjang terbesar sebesar 3,40 cm dan SGR interval tertinggi 1,26% $hari^{-1}$ pada hari ke-21, tetapi mengalami mortalitas dua ekor sehingga SR akhir turun menjadi 60%. Perlakuan 20 mL kg^{-1} memiliki konsumsi pakan relatif tinggi pada beberapa periode, tetapi pertambahan bobot kumulatif hanya 8,00 g dan SR akhir 60%. Diagram integratif respons perlakuan terhadap pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kelangsungan hidup secara rinci disajikan pada Gambar 8.

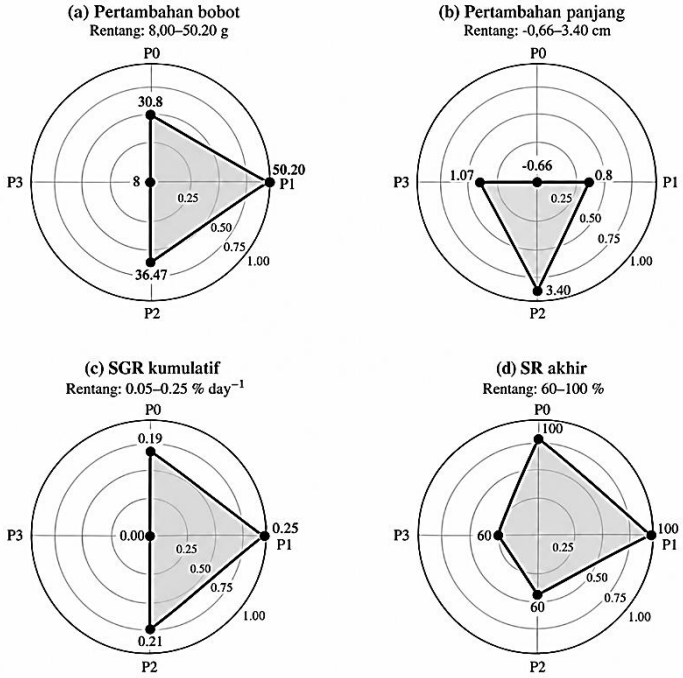
Kontras antara dosis 10 dan 15 mL kg^{-1} memperlihatkan bahwa parameter pertumbuhan tidak menghasilkan satu pola respons yang identik. Dosis 10 mL kg^{-1} lebih unggul dalam pertambahan bobot dan mempertahankan seluruh ikan hingga akhir penelitian, sedangkan dosis 15 mL kg^{-1} lebih menonjol pada pertambahan panjang. Perbedaan tersebut dapat mencerminkan alokasi energi yang berbeda selama pertumbuhan, tetapi pada penelitian ini tidak tersedia data komposisi tubuh, retensi protein, atau energi sehingga mekanisme tersebut tidak dapat dibuktikan secara langsung. Penelitian Teoh et al. (2019) menunjukkan bahwa respons *O. marmorata* terhadap perlakuan pakan perlu dinilai melalui kombinasi pertumbuhan dan pemanfaatan pakan, bukan hanya satu indikator.

Dosis 20 mL kg^{-1} justru menunjukkan kombinasi yang kurang menguntungkan antara konsumsi pakan dan pertambahan biomassa. FR pada beberapa periode termasuk yang tertinggi, tetapi pertambahan bobot akhir paling rendah dan SR turun menjadi 60%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsumsi tidak menghasilkan pertambahan biomassa yang sebanding. Efisiensi penggunaan pakan dapat dipengaruhi oleh kemampuan pencernaan, metabolisme, kondisi kesehatan, dan kualitas lingkungan. Penelitian EM4 pada ikan lain juga menunjukkan bahwa dosis optimum bersifat spesifik dan peningkatan dosis tidak selalu menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik (Siegers et al., 2025; Simamora et al., 2021).

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264



Keterangan: P0 = kontrol (ikan rucah tanpa penambahan EM4); P1 = ikan rucah + EM4 (10 mL kg⁻¹); P2 = ikan rucah + EM4 (15 mL kg⁻¹); P3 = ikan rucah + EM4 (20 mL kg⁻¹)

Gambar 8. Integratif respons perlakuan terhadap pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kelangsungan hidup ikan betutu selama 56 hari pemeliharaan

Implikasi Terhadap Konservasi Berbasis Domestikasi

Hasil penelitian memberikan indikasi bahwa domestikasi ikan betutu hasil tangkapan alam melalui pemeliharaan terkontrol dapat didukung oleh strategi manajemen pakan yang mempertimbangkan kualitas dan dosis bahan pengayaan. Ikan berukuran kurang dari 500 g yang digunakan sebagai ikan uji mampu bertahan dan menunjukkan pertumbuhan selama pemeliharaan, terutama pada perlakuan 10 mL kg⁻¹. Temuan ini relevan dengan kebutuhan untuk mengalihkan sebagian tekanan produksi dari penangkapan individu berukuran kecil menuju pembesaran dalam sistem budidaya. Penelitian sebelumnya telah menempatkan *O. marmorata* sebagai spesies potensial untuk dikembangkan melalui sistem budidaya terkontrol karena performa pertumbuhan dan sintasannya masih menjadi aspek yang perlu dioptimalkan (Ahlina et al., 2018; Harahap et al., 2026; Harahap & Yusapri, 2015; Prihadi et al., 2018).

Dari perspektif teknologi budidaya, pakan ikan rucah yang diperkaya EM4 menunjukkan potensi sebagai pendekatan sederhana untuk mendukung pembesaran ikan betutu. Keunggulan perlakuan 10 mL kg⁻¹ terutama terlihat dari pertambahan bobot 50,20 g dan SR 100%, sementara dosis 15 mL kg⁻¹ menonjol pada pertambahan panjang 3,40 cm. Penelitian EM4 pada ikan patin dan nila memperlihatkan bahwa fermentasi atau suplementasi probiotik dapat memengaruhi pertumbuhan dan efisiensi pakan, tetapi respons sangat bergantung pada spesies, bahan pakan, dosis, dan sistem pemeliharaan (Simamora et al., 2021; Syahrizal et al., 2018; Wardoyo & Nasmia, 2021).

Meskipun demikian, hasil penelitian belum dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa EM4 secara definitif meningkatkan pertumbuhan ikan betutu atau bahwa 10 mL kg⁻¹ merupakan dosis optimum. Keterbatasan tersebut terutama berkaitan dengan tidak adanya replikasi eksperimental dan adanya mortalitas pada dua perlakuan dosis tinggi, sehingga variasi biologis dan variasi unit pemeliharaan tidak dapat dipisahkan. Hasil yang diperoleh karenanya lebih tepat ditempatkan sebagai bukti awal (*preliminary evidence*) mengenai respons ikan betutu hasil tangkapan alam terhadap pakan ikan rucah yang diperkaya EM4.

Secara ekologis, pendekatan pada penelitian ini dapat menjadi bagian dari strategi konservasi berbasis domestikasi apabila teknologi pembesaran mampu menghasilkan ikan konsumsi berukuran lebih besar tanpa terus bergantung pada penangkapan dari alam. Domestikasi tidak menggantikan kebutuhan pengelolaan stok alam, tetapi dapat mengurangi sebagian kebutuhan pasokan ikan konsumsi dari hasil tangkapan. Dalam konteks Kabupaten Indragiri Hilir, pengembangan pembesaran ikan betutu hasil tangkapan berukuran kecil dapat diarahkan menjadi model produksi yang meningkatkan nilai ekonomi individu sekaligus mengurangi tekanan terhadap populasi alami.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ZONA
Jurnal Lingkungan
ISSN : 2502-6496 (Print)
ISSN : 2775-4065 (Online)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

SIMPULAN

Pemanfaatan ikan rucah yang diperkaya EM4 menunjukkan respons biologis yang berbeda pada ikan betutu (*O. marmorata*) selama 56 hari pemeliharaan. Dosis 10 mL EM4 pada pakan ikan rucah memberikan performa paling seimbang, terutama dalam mendukung pertambahan bobot, laju pertumbuhan spesifik kumulatif, dan kelangsungan hidup, sedangkan dosis 15 mL EM4 menghasilkan pertambahan panjang yang paling menonjol. Dosis 20 mL tidak memberikan peningkatan performa yang sebanding dengan peningkatan dosis, ditandai oleh pertambahan bobot yang lebih rendah dan penurunan kelangsungan hidup. Dengan demikian, dosis 10 mL EM4 merupakan perlakuan yang paling prospektif untuk mendukung pembesaran ikan betutu pada kondisi pemeliharaan penelitian ini, dengan catatan bahwa temuan tersebut bersifat deskriptif dan belum dapat ditetapkan sebagai dosis optimum secara definitif tanpa pengujian dengan replikasi eksperimental.

Penerapan pakan ikan rucah yang diperkaya EM4 pada dosis yang sesuai memberikan dasar teknis awal bagi pengembangan pembesaran ikan betutu hasil tangkapan dalam sistem budidaya terkontrol, terutama sebagai pendekatan untuk meningkatkan nilai pemanfaatan ikan sebelum mencapai ukuran konsumsi sekaligus mendukung pengurangan ketergantungan terhadap penangkapan langsung. Bagi pelaku budidaya, dosis 10 mL EM4 dapat dipertimbangkan sebagai formulasi awal dengan tetap mempertahankan pengelolaan kualitas air, pemberian pakan berdasarkan biomassa, dan pemantauan kesehatan ikan secara berkala. Penelitian lanjutan perlu menggunakan beberapa unit ulangan pada setiap perlakuan, periode pemeliharaan yang lebih panjang, serta pengukuran kualitas nutrisi pakan dan parameter kesehatan ikan agar efektivitas dosis EM4, efisiensi pemanfaatan pakan, dan konsistensi respons pertumbuhan dapat diuji secara lebih kuat sebelum diterapkan pada skala budidaya yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan pendanaan penelitian melalui Skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat berdasarkan Kontrak Kegiatan Nomor 134/C3/DT.05.00/PM/2025. Apresiasi dan terima kasih juga disampaikan kepada Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Tempuling Madani Jaya sebagai mitra dan lokasi penelitian atas dukungan fasilitas, pendampingan, serta kerja sama dalam pelaksanaan kegiatan penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Aggraeni, N. M., & Abdulgani, N. (2013). Pengaruh Pemberian Pakan Alami dan Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata) Pada Skala Laboratorium. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *2*(2), E197–E201.

Ahlina, H. F., Riono, Y., & Harahap, S. R. (2019). Pengaruh Penggunaan Jenis Wadah yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata Blkr.). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, *6*(2), 93–98. https://doi.org/https://doi.org/10.29103/aa.v6i2.1666.

Ahlina, H. F., Sawitri, N., & Harahap, S. R. (2018). Kinerja Pertumbuhan dan Kelulushidupan Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata. Blkr.) yang Diberi Pakan Ikan Rucah Dengan Frekwensi Berbeda. *PERIKANAN DAN LINGKUNGAN: Journal of Fisheries and Environment (JFE)*, *7*(2), 1–9.

Arief, M., Triasih, I., & Lokapirnasari, W. P. (2009). Pengaruh Pemberian Pakan Alami dan Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata bleeker). *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, *1*(1), 51–58. https://doi.org/10.20473/jipk.v1i1.11698.

Effendi, I., & Sumawidjaja, K. (2002). Pemberian Pakan Bagi Larva Ikan Betutu, Oxyeleotris marmorata (BLKR.), Pada Dua Minggu di Awal Hidupnya. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, *1*(3), 101–107.

Haetami, K., Amanda, T. R., & Abun, A. (2025). The Phytase and Microbial Potential in Fish Feed: A Review. *Jurnal Biologi Tropis*, *25*(1), 106–113. https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8241.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Harahap, S. R., Anggara, T., Yusapri, A., Ihwan, K., B, A. R., Gani, A., Thaha, M., & Gusmanto, G. (2026). Evaluasi Laju Pemberian Pakan dan Rasio Konversi Pakan sebagai Indikator Efisiensi Domestikasi Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata) pada Sistem Kolam Terpal. *SIMBIOSA*, *15*(1), 31–46. https://doi.org/10.33373/simbiosa.v15i1.9418.

Harahap, S. R., Ihwan, K., B, A. R., Anggara, T., Aljumadi, M. A., Gani, A., Gusmanto, G., & Thaha, M. (2025). Pemberdayaan Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Tempuling Madani Jaya dalam Domestikasi Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata) Sebagai Komoditas Budidaya Perikanan Berkelanjutan. *CANANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *5*(2), 44–51. https://doi.org/10.52364/canang.v5i2.67.

Harahap, S. R., & Yusapri, A. (2015). Pengaruh Pemberian Pakan Berbeda Terhadap Pertumbuhan Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata. Blkr.) dalam Jaring Hapa. *Berkala Perikanan Terubuk*, *43*(1), 1–11.

Hardy, R. W., Kaushik, S. J., Mai, K., & Bai, S. C. (2022). Chapter 1—Fish Nutrition—History and Perspectives. In R. W. Hardy & S. J. Kaushik (Eds.), *Fish Nutrition (Fourth Edition)* (pp. 1–16). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819587-1.00006-9.

Hendriana, A., Iskandar, A., Ramadhani, D. E., Wiyoto, W., Endarto, N. P., Hitron, R. A., Sitio, Y. I. K., & Anwar, R. V. (2023). Kinerja Pertumbuhan Ikan Nila Oreochromis niloticus Dengan Tingkat Pemberian Pakan yang Berbeda. *Jurnal Sains Terapan : Wahana Informasi Dan Alih Teknologi Pertanian*, *13*(1), 60–66. https://doi.org/10.29244/jstsv.13.1.60-66.

Herawati, T., Yustiati, A., Nurhayati, A., & Natadia, S. S. (2016). Domestication of Marble Goby [*Oxyeleotris Marmorata* (Bleeker, 1852)] Indogenous Fish of Citarum River, Indonesia. *Aquatic Procedia, 2nd International Symposium on Aquatic Products Processing and Health, ISAPPROSH 2015*, *7*, 247–253. https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.035.

Monalisa, S. S., Christiana, I., Retha, G. M., Djauhari, R., & Yulintine, Y. (2024). Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Gabus (Channa striata) Dengan Penambahan Probiotik EM4 (Effective Microorganisme-4) Pada Pakan. *JOURNAL OF TROPICAL FISHERIES*, *19*(1), 50–58. https://doi.org/10.36873/jtf.v19i1.13078.

Nuansa, F., Rahimi, S. A. E., & Mellisa, S. (2018). Pemberian Pakan Alami yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*, *3*(2), 45–54.

Padusung, P., Asri, Y., & Abidin, Z. (2012). Pengaruh Metode Aklimatisasi Salinitas Terhadap Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila (Oreochromis sp.). *Jurnal Perikanan Unram*, *1*(1), 40–48. https://doi.org/10.29303/jp.v1i1.12.

Prihadi, T. H., Saputra, A., Huwoyon, G. H., & Pantjara, B. (2018). Pengaruh Kepadatan Terhadap Sintasan, Pertumbuhan, dan Gambaran Darah Benih Ikan Betutu Oxyeleotris Marmorata. *Jurnal Riset Akuakultur*, *12*(4), 341–350. https://doi.org/10.15578/jra.12.4.2017.341-350.

Rihi, A. P. (2019). Pengaruh Pemberian Pakan Alami dan Buatan terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus Burchell.) di Balai Benih Sentral Noekele Kabupaten Kupang. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*, *4*(2), 59–68. https://doi.org/10.32938/jbe.v4i2.387.

Sahrim, A., Prasetiyono, E., & Robin, R. (2019). Growth Performance and Survival of Marbled Goby (oxyeleotris Marmorata) Which are Maintained in Different Color Containers and Aeration Systems. *Journal of Aquatropica Asia*, *4*(2), 1–9. https://doi.org/10.33019/aquatropica.v4i2.2218.

Salze, G. P., & Davis, D. A. (2015). Taurine: A Critical Nutrient for Future Fish Feeds. *Aquaculture*, *437*, 215–229. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.006.

Samuki, K., Diana, F., Ibrahim, Y., Diansyah, S., & Nurjannah. (2026). Penentuan Dosis Optimal Suplementasi Probiotik EM4 Dalam Pakan untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Bileh (Rasbora sp.) *MAHSEER: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan*, *8*(2). https://doi.org/10.55542/mahseer.v8i2.2354.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Volume 10, No 2, Oktober 2026, p.126-141
http://zona.pelantarpress.co.id
https://doi.org/10.52364/zona.v10i2.264

Siegers, W. H., Prayitno, Y., & Msen, U. F. (2025). Pengaruh Penambahan Dosis Probiotik EM4 Dalam Pakan Terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Nila (Orechromis niloticus). *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, *6*(3), 214–225. https://doi.org/10.21107/juvenil.v6i3.29645.

Simamora, S. D., Febri, S. P., & Rosmaiti, R. (2021). Effect of Probiotic Doses Em-4 (Effective Microorganism-4) in Commercial Feed on Increased Growth and Survival of Siamese Catfish (Pangasius hypophthalmus). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 131–137. https://doi.org/10.29103/aa.v8i3.4181.

Sudrajat, A. O., & Effendi, I. (2002). Feeding with Artificial Feed on Sand Goby, Oxyeleotris marmorata (Blkr.), Fry. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, *1*(3), 109–118. https://doi.org/10.19027/jai.1.109-118.

Susanto, A. H., & Suryaningsih, S. (2006). Variasi Biokimia Genetik Populasi Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata, BLKr.) di Waduk Penjalin Brebes. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 136–141. https://doi.org/10.24002/biota.v11i3.2539.

Syahrizal, S., Safratilofa, S., & Wahyuni, W. (2018). Optimasi Kualitas Pakan Dengan Fermentasi Menggunakan Effective Microorganisms 4 (EM4) Bagi Peningkatan Produksi Benih Ikan Patin (Pangasianodon hypophtalmus). *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, *3*(2), 64–75. https://doi.org/10.33087/akuakultur.v3i2.38.

Telaumbanua, B. V., Telaumbanua, P. H., Lase, N. K., & Dawolo, J. (2023). Penggunaan Probiotik EM4 Pada Media Budidaya Ikan: Review. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, *19*(1), 36–42. (Akuakultur). https://doi.org/10.30598/TRITONvol19issue1page36-42.

Teoh, C.-F., Lim, L.-S. L.-S., Kawamura, G., Yong, A. S.-K., & Shapawi, R. (2019). Growth Performance and Feed Utilization of Juvenile Marble Goby (Oxyeleotris marmorata) Fed Acidified Diets. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture (BJoMSA)*, *3*(2), 41–47. https://doi.org/10.51200/bjomsa.v3i2.1703.

Wardoyo, R. W. B., & Nasmia. (2021). Addition of Probiotic EM4 in Feed on Growth and Survival of Tilapia (Oreochromis niloticus) in Controlled Condition: Penambahan Probiotik EM4 dalam Pakan terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (Oreochromis niloticus) dalam Wadah Terkontrol. *Jurnal Ilmiah AgriSains*, *22*(1), 17–22. https://doi.org/10.22487/jiagrisains.v22i1.2021.17-22.

Warsono, A. I., Herawati, T., & Yustiati, A. (2017). Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Ikan Betutu (Oxyeleotris marmorata) yang Diberi Pakan Hidup dan Pakan Buatan di Karamba Jaring Apung Waduk Cirata. *Jurnal Perikanan Kelautan*, *8*(1), 14–25.

© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)