

Utilisasi Bungkil Inti Sawit Terfermentasi EM4 Terhadap Konversi Pakan, Efisiensi Protein, dan Retensi Lemak Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

***Heru Kusdianto, Mohamad Ma'ruf, dan Nurhalisa**

Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75242, Indonesia

*e-mail korespondensi: kusherudianto@gmail.com

Abstract. Feed is a crucial factor in the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). However, high feed costs pose a major challenge for fish farmers. This study aimed to analyze the effect of varying EM4 concentrations used to ferment palm kernel meal on the feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), and lipid retention of Nile tilapia (*O. niloticus*). A Completely Randomized Design (CRD) with three treatments and four replicates was employed: unfermented palm kernel meal (P1), fermentation with 4 ml/kg EM4 (P2), and fermentation with 8 ml/kg EM4 (P3). Feed consumption did not differ significantly among treatments ($P>0.05$), with values of 101.88 g (P1), 96.24 g (P2), and 98.79 g (P3). FCR values showed significant differences ($P<0.05$): P1 (2.78), P2 (2.34), and P3 (2.13). PER values also differed significantly ($P<0.05$): P1 (1.19), P2 (1.42), and P3 (1.52). Lipid retention differed significantly ($P<0.05$): P1 (130.73%), P2 (79.20%), and P3 (87.81%). The high lipid retention in P1 ($>100\%$) indicates the occurrence of *de novo* lipogenesis derived from dietary carbohydrates. In conclusion, the fermentation of palm kernel meal using EM4 at a dose of 8 ml/kg of feed significantly improved feed efficiency and protein utilization, whereas the treatment with unfermented palm kernel meal resulted in the highest fat retention in tilapia. The recommended dosage is to ferment palm kernel meal using EM4 at a rate of 8 ml per kilogram of feed.

Keywords : EM4 Fermentation, Feed Conversion Ratio, Lipid Retention, Palm Kernel Meal, and Protein Efficiency Ratio

Abstrak. Pakan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Namun, tingginya harga pakan menjadi kendala utama bagi para pembudidaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perbedaan konsentrasi EM4 dalam fermentasi bungkil inti sawit terhadap rasio konversi pakan (FCR), rasio efisiensi protein (PER), dan retensi lemak ikan nila (*O. niloticus*). Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 4 ulangan digunakan dalam penelitian ini: bungkil inti sawit tanpa fermentasi (P1), fermentasi dengan EM4 4 ml/kg (P2), dan fermentasi dengan EM4 8 ml/kg (P3). Konsumsi pakan tidak berbeda nyata antarperlakuan ($P>0,05$), dengan nilai masing-masing 101,88 g (P1), 96,24 g (P2), dan 98,79 g (P3). Nilai FCR menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$): P1 (2,78), P2 (2,34), dan P3 (2,13). Nilai PER berbeda nyata ($P<0,05$): P1 (1,19), P2 (1,42), dan P3 (1,52). Retensi lemak berbeda nyata ($P<0,05$): P1 (130,73%), P2 (79,20%), dan P3 (87,81%). Tingginya retensi lemak pada P1 ($>100\%$) mengindikasikan terjadinya *lipogenesis de novo* yang berasal dari karbohidrat pakan. Kesimpulannya fermentasi bungkil inti sawit menggunakan EM4 dengan dosis 8 ml/kg pakan secara nyata meningkatkan efisiensi pakan dan pemanfaatan protein, sedangkan perlakuan bungkil inti sawit tanpa fermentasi menyebabkan retensi lemak tertinggi pada ikan nila. Dengan rekomendasi dosis terbaik yaitu fermentasi bungkil inti sawit menggunakan EM4 dengan dosis 8 ml/kg pakan.

Kata kunci : Bungkil Inti Sawit, Fermentasi EM4, Rasio Efisiensi Protein, Rasio Konversi Pakan, dan Retensi Lemak

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas perikanan air tawar yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan yang terus meningkat, baik di pasar nasional maupun global. Indonesia merupakan produsen dan eksporter tilapia terbesar ke-3 di Asia setelah China dan India, dengan total produksi 5.2 juta ton (Alam *et al.* 2024). Keunggulan ikan nila dalam budidaya meliputi kemampuan beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, pertumbuhan yang cepat, efisiensi pemanfaatan pakan, serta ketahanan terhadap penyakit. Namun, budidaya ikan nila masih menghadapi tantangan besar, terutama tingginya biaya produksi yang sebagian besar berasal dari pakan, yang saat ini masih bergantung pada bahan baku impor seperti tepung ikan (Inez *et al.* 2024; Simarmata *et al.* 2024).

Pakan merupakan komponen terbesar dalam biaya produksi budidaya ikan, menyusun sekitar 70% dari total biaya produksi pada budidaya intensif (Kari *et al.* 2022). Ketergantungan terhadap bahan baku impor seperti tepung ikan dan tepung kedelai mendorong upaya pencarian bahan baku alternatif yang lebih ekonomis dan tersedia secara lokal (Susanto *et al.* 2026). Bungkil inti sawit (BIS) merupakan salah satu limbah agroindustri yang berpotensi sebagai bahan baku pakan ikan karena ketersediaannya yang melimpah di Kalimantan Timur. Data BPS (2020), menyatakan Kalimantan Timur menghasilkan 16.717.254 ton kelapa sawit. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah yang cukup banyak dan pemanfaatan limbah tersebut belum maksimal, salah satu limbah industri tersebut adalah bungkil inti sawit. Namun, kandungan serat kasar yang tinggi (18,33-21,3%) pada BIS menjadi faktor pembatas penggunaannya dalam pakan ikan (Inez *et al.* 2024; Simarmata *et al.* 2024).

Pemanfaatan BIS memiliki kendala utama yaitu kandungan serat kasar yang tinggi karena ikan tidak mampu mencerna polisakarida kompleks secara optimal. Kandungan serat kasar yang melebihi 10% dapat menurunkan pemanfaatan nutrisi dan berdampak negatif pada pertumbuhan ikan. Solusi dari permasalahan ini yaitu dengan melakukan fermentasi. Fermentasi menggunakan mikroorganisme probiotik seperti Effective

Microorganisms 4 (EM4) dapat meningkatkan kualitas nutrisi BIS. Hasil riset sebelumnya oleh (Simarmata *et al.* 2024), fermentasi BIS menggunakan EM4 menyebabkan peningkatan berat mutlak, laju pertumbuhan harian, spesifik serta menyebabkan konversi pakan rendah. Hasil riset (Inez *et al.* 2024), fermentasi BIS menggunakan EM4 menyebabkan aktivitas enzim pencernaan lebih baik. Selain itu, alasan pentingnya penelitian menggunakan EM4 dilakukan yaitu proses fermentasi dapat memecah senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah dicerna, serta meningkatkan kandungan vitamin dan mineral dalam pakan. EM4 mengandung berbagai bakteri menguntungkan yang juga dapat meningkatkan sistem imun ikan dan mempercepat pertumbuhan melalui peningkatan enzim pencernaan (Asmara *et al.* 2024; Zakariyah *et al.* 2025). Fermentasi menggunakan mikroorganisme merupakan salah satu pendekatan untuk meningkatkan kualitas nutrisi BIS dengan menurunkan serat kasar dan meningkatkan ketersediaan nutrient (Devy *et al.* 2026). *Effective Microorganism4* (EM4) adalah larutan campuran kultur yang mengandung *Lactobacillus*, bakteri fotosintetik, *Actinomyces*, jamur pengurai selulosa, dan ragi yang dapat mengoptimalkan proses fermentasi bahan organik (Asmara *et al.* 2024; Zakariyah *et al.* 2025). Namun bisa saja terjadi peristiwa dimana serat kasar perlakuan fermentasi BIS dengan EM4 lebih tinggi dari pada tanpa fermentasi. Hal ini disebabkan oleh mikroba EM4 mengonsumsi BETN sebagai sumber energi sehingga nilai BETN turun dari 46,74% menjadi 37,19%–38,38%. Berkurangnya BETN membuat porsi serat kasar meningkat secara relatif dalam hitungan persentase bahan kering. Selain itu, mikroorganisme EM4 yang berkembang biak membentuk dinding sel baru yang ikut terhitung sebagai serat kasar pada analisis laboratorium. Serta Enzim mikroba memecah kompleks pakan, sehingga fraksi serat yang sebelumnya terikat menjadi terlepas dan lebih terdeteksi saat diuji.

Penelitian sebelumnya oleh Tommy *et al.* (2024), telah melaporkan bahwa fermentasi BIS dengan dosis EM4 yang berbeda menunjukkan kecenderungan peningkatan pertumbuhan berat mutlak, laju pertumbuhan spesifik, dan retensi protein pada ikan nila, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Namun, parameter efisiensi pakan dan pemanfaatan nutrisi yang mencakup konversi pakan (FCR), rasio efisiensi protein (PER), dan retensi lemak dari penelitian tersebut belum dilaporkan. Parameter-parameter ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas pemanfaatan pakan oleh ikan, karena efisiensi konversi pakan menjadi biomassa tubuh merupakan indikator kunci keberhasilan formulasi pakan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dosis EM4 yang berbeda pada fermentasi BIS terhadap konversi pakan, rasio efisiensi protein, dan retensi lemak ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Hasil penelitian ini diharapkan melengkapi informasi dari penelitian sebelumnya dan memberikan rekomendasi mengenai dosis EM4 yang optimal untuk fermentasi BIS sebagai bahan pakan ikan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama 40 hari pada bulan Oktober-November 2023 di Laboratorium Pengembangan Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman. Analisis proksimat di Laboratorium LP2M Institut Pertanian Bogor.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 4 ulangan. Penelitian ini merupakan bagian dari rangkaian penelitian Tommy *et al.* (2024), namun data dari eksperimen dalam artikel ini belum dipublikasi dimanapun. Perlakuan yang diterapkan adalah:

- P1 : Pakan kontrol dengan BIS tanpa fermentasi EM4
- P2 : Pakan dengan BIS difermentasi selama 24 jam menggunakan EM4 konsentrasi 4 ml/kg
- P3 : Pakan dengan BIS difermentasi selama 24 jam menggunakan EM4 konsentrasi 8 ml/kg

Persiapan Wadah

Akuarium ukuran 30×30×40 cm dicuci terlebih dahulu dan kemudian dikeringkan, dilakukan pengisian air pada tiap akuarium (air telah diendapkan terlebih dahulu selama 3 hari pada bak penampungan). Seluruh wadah dilengkapi dengan aerasi dan resirkulasi. Resirkulasi dilakukan dengan mengalirkan air dalam bak penampungan ke seluruh akuarium air dan akuarium selanjutnya dialirkan kembali ke bak penampungan melalui selang plastik, botol pengatur ketinggian air dan filter. 1 akuarium berisi 10 ekor ikan/akuarium dengan volume air 30 L.

Persiapan Ikan Uji

Jumlah ikan total yang digunakan yaitu 120 ekor ukuran 4-5 cm benih diadaptasikan selama 2 minggu. Proses adaptasi ikan dilakukan di akuarium berukuran 30×30×40 cm³, sebanyak 10 ekor ikan/akuarium dengan volume air 30 L, diberi makan sebanyak 3 kali sehari yaitu pada pagi, siang, dan sore hari dengan menggunakan pakan percobaan. Pergantian air dilakukan apabila media pemeliharaan sudah terlihat kotor.

Fermentasi Bungkil Inti Sawit

Fermentasi tepung bungkil inti sawit dilakukan menggunakan EM4 dengan konsentrasi sesuai perlakuan selama 24 jam. Tepung bungkil inti sawit ditimbang sebanyak 490 gram/kg pakan lalu diberi EM4 sesuai perlakuan (larutan molase sebanyak 16 mL). Penambahan EM4 ke dalam bungkil inti sawit dilakukan dengan menyemprotkan pada tepung bungkil inti sawit hingga tercampur secara merata, kemudian tepung bungkil inti sawit yang telah dicampurkan larutan EM4 dipindahkan ke dalam wadah yang berbeda dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur suhu 60°C selama 1 jam.

Formulasi Pakan

Semua bahan pakan dicampurkan sesuai dengan komposisi masing-masing, lalu tambahkan air panas sambil diaduk hingga merata, kemudian pakan dicetak dengan menyesuaikan ukuran benih ikan dengan menggunakan pencetak pelet. Pakan dikeringkan menggunakan oven dengan waktu 40-80 menit dengan suhu 50-100°C hingga tekstur pakan menjadi kering dan dimasukkan ke dalam toples. Tepung bungkil inti sawit sebanyak 49% mampu mendukung kinerja pertumbuhan. Semua bahan yang ada di formulasi pakan dibuat sama kecuali pada tepung BIS tanpa fermentasi dan fermentasi, dimana di setiap perlakuan diberikan sesuai perlakuan. Sehingga diketahui bahwa hasil analisis proksimat dipengaruhi oleh fermentasi EM4. Formulasi bahan pakan (Tabel 1).

Tabel 1. Formulasi bahan pakan (%)

Bahan	Perlakuan		
	P1 (tanpa fermentasi EM4)	P2 (EM4 konsentrasi 4 ml/kg)	P3 (EM4 konsentrasi 8 ml/kg)
Tepung ikan (%)	38	38	38
Tepung BIS tanpa fermentasi (%)	49	0	0
Tepung BIS fermentasi EM4 (%)	0	49	49
Tapioka (%)	8	8	8
Minyak (%)	1	1	1
Vitamin mix (%)	2	2	2
Mineral mix (%)	2	2	2
Total (%)	100	100	100

Analisis Proksimat

Tingginya serat kasar pada perlakuan fermentasi BIS dengan EM4 dari pada tanpa fermentasi disebabkan oleh mikroba EM4 mengonsumsi BETN sebagai sumber energi sehingga nilai BETN turun dari 46,74% menjadi 37,19%–38,38%. Berkurangnya BETN membuat porsi serat kasar meningkat secara relatif dalam hitungan persentase bahan kering. Selain itu, mikroorganisme EM4 yang berkembang biak membentuk dinding sel baru yang ikut terhitung sebagai serat kasar pada analisis laboratorium. Serta Enzim mikroba memecah kompleks pakan, sehingga fraksi serat yang sebelumnya terikat menjadi terlepas dan lebih terdeteksi saat diuji. Hasil analisis proksimat pakan uji secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis proksimat pakan uji (% berat kering)

Perlakuan	Protein	Lemak	Serat Kasar	Abu	BETN
P1 (tanpa fermentasi EM4)	30,37	3,00	5,24	14,65	46,74
P2 (EM4 konsentrasi 4 ml/kg)	30,17	9,04	5,73	17,87	37,19
P3 (EM4 konsentrasi 8 ml/kg)	30,87	8,54	6,28	16,93	38,38

Sumber: Data primer (2023); protein, lemak, dan BETN dilaporkan dalam (Tommy et al, 2024).

Pemeliharaan Ikan

Pemeliharaan dilakukan selama 40 hari pada akuarium berukuran 30×30×40 cm³, sebanyak 12 akuarium. Satu akuarium berisi 10 ekor ikan dengan volume air 30 L. Ikan diberi pakan dengan frekuensi tiga kali sehari pada pukul 08.00, 12.00, dan 17.00 WITA secara *at satiation*. Selama pemeliharaan dilakukan penyiponan air dari feses apabila akuarium sudah kotor dan dilakukan penambahan air sesuai dengan volume air yang terbuang.

Parameter Yang Diamati

Parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi konsumsi pakan, konversi pakan (FCR) rasio efisiensi protein (PER), dan retensi lemak. Rumus perhitungan masing-masing parameter adalah sebagai berikut mengacu pada (Muin dan Taufek 2024) :

Konsumsi pakan (g) = Jumlah total pakan yang diberikan – sisa pakan

$$FCR = \frac{\text{Pertambahan bobot tubuh (g)}}{\text{Konsumsi pakan (g)}}$$

$$PER = \frac{\text{Pertambahan bobot ikan (g)}}{\text{Konsumsi protein pakan (g)}}$$

$$\text{Retensi lemak (\%)} = \frac{[(Bt \times Lt) - (B0 \times L0)]}{(Lp \times Pk) \times 100}$$

Keterangan:

- Bt : Bobot akhir (g)
- Lt : Kadar lemak tubuh akhir (%)
- B0 : Bobot awal (g)
- L0 : Kadar lemak tubuh awal (%)
- Lp : Kadar lemak pakan (%)
- Pk : Pakan terkonsumsi (g)

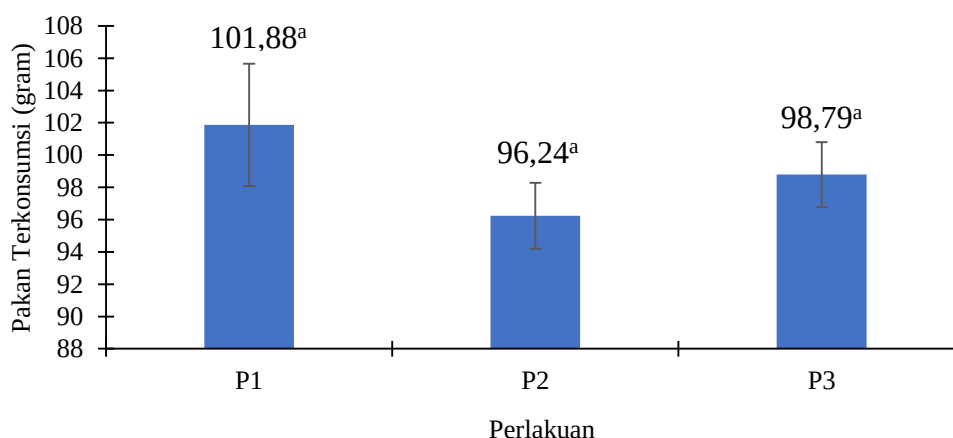
Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%. Data terlebih dahulu diuji homogenitasnya dengan uji Bartlett. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata, dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2010 dan SPSS versi 24.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsumsi Pakan

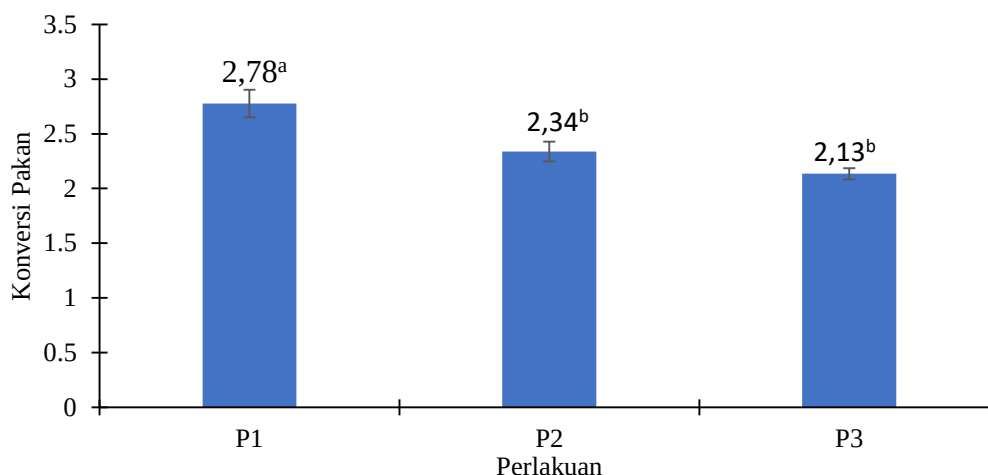
Nilai rata-rata konsumsi pakan ikan nila selama 40 hari pemeliharaan pada masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan fermentasi BIS dengan dosis EM4 yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap konsumsi pakan ikan nila ($P > 0,05$). Rata-rata konsumsi pakan berkisar antara 96,24-101,88 g per akuarium selama 40 hari pemeliharaan. Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada konsumsi pakan menunjukkan bahwa palatabilitas pakan yang mengandung BIS terfermentasi EM4 relatif sama dengan pakan kontrol.



Gambar 1. Rata-rata konsumsi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama pemeliharaan. Keterangan: Nilai yang ditampilkan adalah rata-rata $\pm$ standar deviasi ($n=4$). P1 (tanpa fermentasi EM4); P2 (EM4 konsentrasi 4 ml/kg); P3 (EM4 konsentrasi 8 ml/kg).

Konversi Pakan (FCR)

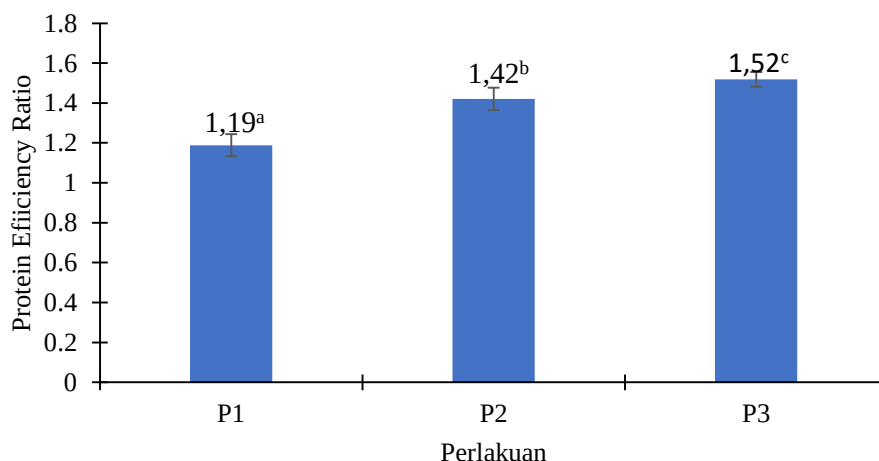
Nilai rata-rata konversi pakan (FCR) ikan nila pada masing-masing perlakuan selama 40 hari pemeliharaan disajikan pada Gambar 2. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa dosis EM4 yang berbeda pada fermentasi BIS berpengaruh nyata terhadap konversi pakan ikan nila ($P < 0,05$). Nilai FCR tertinggi terdapat pada P1 (kontrol) yaitu 2,78 dan terendah pada P3 (EM4 8 ml/kg) yaitu 2,13.



Gambar 2. Konversi pakan (FCR) ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Keterangan: Nilai yang ditampilkan adalah rata-rata $\pm$ standar deviasi ($n=4$). ANOVA menunjukkan perbedaan nyata ($F=36,23$; $P < 0,05$). P1 (tanpa fermentasi EM4); P2 (EM4 konsentrasi 4 ml/kg); P3 (EM4 konsentrasi 8 ml/kg).

Rasio Efisiensi Protein (PER)

Nilai rata-rata rasio efisiensi protein (PER) ikan nila pada masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa dosis EM4 yang berbeda pada fermentasi BIS berpengaruh nyata terhadap PER ikan nila ($P < 0,05$). Nilai PER tertinggi terdapat pada P3 (EM4 8 ml/kg) yaitu 1,52 dan terendah pada P1 (kontrol) yaitu 1,19. Nilai PER yang lebih tinggi menunjukkan bahwa setiap gram protein yang dikonsumsi menghasilkan pertambahan bobot yang lebih besar, mengindikasikan efisiensi pemanfaatan protein pakan yang lebih baik.



Gambar 3. Rasio efisiensi protein (PER) ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Keterangan: Nilai yang ditampilkan adalah rata-rata $\pm$ standar deviasi ($n=4$). ANOVA menunjukkan perbedaan nyata ($F=34,10$; $P < 0,05$). P1 (tanpa fermentasi EM4); P2 (EM4 konsentrasi 4 ml/kg); P3 (EM4 konsentrasi 8 ml/kg).

Retensi Lemak

Nilai rata-rata retensi lemak ikan nila pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa dosis EM4 yang berbeda pada fermentasi BIS berpengaruh nyata terhadap retensi lemak ikan nila ($P < 0,05$). Uji lanjut menunjukkan bahwa P1 (kontrol) berbeda nyata dengan P2 dan P3, sedangkan

P2 dan P3 tidak berbeda nyata satu sama lain. Fenomena yang menarik dari hasil penelitian ini adalah nilai retensi lemak pada P1 yang melebihi 100% (130,73%).

Tabel 3. Kadar lemak tubuh ikan nila dan rata-rata retensi lemak

Perlakuan	Lemak Tubuh (%BK)	Retensi Lemak (%)	Keterangan
Ikan Awal	11,75	-	
P1 (tanpa fermentasi EM4)	11,42	130,73 ± 8,04 ^b	Berbeda nyata (P<0,05)
P2 (EM4 konsentrasi 4 ml/kg)	13,62	79,20 ± 3,79 ^a	
P3 (EM4 konsentrasi 8 ml/kg)	13,48	87,81 ± 1,56 ^a	

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut (P<0,05). BK = berat kering. ANOVA: F=112,33; P<0,05.

Pembahasan

Tingginya serat kasar pada perlakuan fermentasi BIS disebabkan oleh mikroba EM4 mengonsumsi BETN sebagai sumber energi sehingga nilai BETN turun dari 46,74% menjadi 37,19%–38,38%. Berkurangnya BETN membuat porsi serat kasar meningkat secara relatif dalam hitungan persentase bahan kering. Selain itu, mikroorganisme EM4 yang berkembang biak membentuk dinding sel baru yang ikut terhitung sebagai serat kasar pada analisis laboratorium. Serta Enzim mikroba memecah kompleks pakan, sehingga fraksi serat yang sebelumnya terikat menjadi terlepas dan lebih terdeteksi saat diuji.

Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada konsumsi pakan menunjukkan bahwa palatabilitas pakan yang mengandung BIS terfermentasi EM4 relatif sama dengan pakan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi tidak mengubah akseptabilitas pakan secara nyata oleh ikan nila. Konsumsi pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain palatabilitas pakan, ukuran ikan, dan kualitas air. Konsumsi pakan yang relatif seragam antar perlakuan menjadi dasar penting untuk menginterpretasikan parameter efisiensi pakan, karena perbedaan pada FCR dan PER yang ditemukan dalam penelitian ini dapat diatribusikan pada perbedaan kualitas nutrisi pakan akibat proses fermentasi, bukan pada perbedaan jumlah pakan yang dikonsumsi.

Nilai FCR yang lebih rendah menunjukkan efisiensi pemanfaatan pakan yang lebih baik, karena diperlukan jumlah pakan yang lebih sedikit untuk menghasilkan satu satuan pertambahan bobot ikan. Penurunan nilai FCR pada perlakuan fermentasi diduga berkaitan dengan peran mikroorganisme dalam EM4 yang membantu memecah senyawa kompleks dalam BIS menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah dicerna oleh ikan. Menurut Buckle *et al.* (2013), proses fermentasi dapat meningkatkan pencernaan bahan pakan melalui pemecahan ikatan lignoselulosa dan peningkatan ketersediaan nutrisi. Hasil ini sejalan dengan pendapat Sukaryana *et al.* (2011), yang melaporkan peningkatan nilai pencernaan protein kasar dan lemak kasar pada produk fermentasi campuran bungkil inti sawit dan dedak padi.

Temuan ini menarik bila dikaitkan dengan hasil penelitian sebelumnya Tommy *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa pertumbuhan berat mutlak dan laju pertumbuhan spesifik tidak berbeda nyata antar perlakuan. Perbedaan signifikan pada FCR dengan pola pertumbuhan yang tidak signifikan menunjukkan bahwa meskipun ikan pada semua perlakuan tumbuh dengan laju yang relatif sama, ikan yang diberi pakan terfermentasi membutuhkan pakan yang lebih sedikit untuk mencapai pertumbuhan tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa fermentasi EM4 meningkatkan efisiensi konversi pakan menjadi biomassa tubuh, meskipun dampaknya terhadap laju pertumbuhan absolut belum terdeteksi secara statistik, kemungkinan karena durasi pemeliharaan yang relatif singkat (40 hari) atau ukuran sampel yang belum cukup untuk mendeteksi perbedaan pertumbuhan yang kecil.

Peningkatan PER pada perlakuan fermentasi menunjukkan bahwa proses fermentasi oleh EM4 berhasil meningkatkan kualitas protein dalam pakan. Menurut Buckle *et al.* (2013), fermentasi dapat meningkatkan ketersediaan asam amino melalui pemecahan protein menjadi bentuk yang lebih sederhana. Mikroorganisme dalam EM4, khususnya *Lactobacillus* dan jamur pengurai selulosa, dapat menghasilkan enzim protease yang memecah protein kompleks menjadi peptida dan asam amino bebas yang lebih mudah diserap oleh saluran pencernaan ikan.

Hasil PER yang signifikan ini konsisten dengan pola FCR yang juga signifikan, dan memberikan bukti tambahan bahwa fermentasi EM4 meningkatkan kualitas nutrisi BIS. Hasil ini sesuai dengan penelitian (Simarmata *et al.* 2024; Zakariyah *et al.* 2025). Meskipun Tommy *et al.* (2024), melaporkan bahwa retensi protein tidak berbeda nyata antar perlakuan, peningkatan PER yang signifikan menunjukkan bahwa protein pakan dimanfaatkan lebih efisien untuk pertumbuhan pada perlakuan fermentasi. Perbedaan antara PER yang signifikan dan retensi protein yang tidak signifikan dapat dijelaskan oleh fakta bahwa PER mengukur efisiensi konversi protein pakan menjadi pertambahan bobot total (termasuk komponen non-protein), sedangkan retensi protein secara spesifik mengukur deposisi protein dalam tubuh.

Tingginya retensi lemak yang melebihi 100% pada perlakuan P1 menunjukkan adanya kontribusi dominan dari jalur *de novo lipogenesis* (DNL). Pakan P1 memiliki kadar karbohidrat mudah terlarut (BETN) yang sangat tinggi (46,74%) namun dengan kandungan lemak pakan yang relatif rendah (3,00%). Kondisi ini menyebabkan kelebihan glukosa hasil pencernaan BETN dirombak melalui jalur glikolisis menjadi Asetil-KoA, yang kemudian menjadi prekursor utama dalam biosintesis asam lemak di hati dan jaringan adiposa. Akibatnya, akumulasi lemak dalam jaringan tubuh ikan tidak hanya berasal dari penyerapan lemak pakan, melainkan juga dari konversi karbohidrat non-lemak menjadi lipid tubuh. Fenomena sintesis lemak tambahan ini menjelaskan secara rasional mengapa persentase retensi lemak pada P1 dapat menembus angka di atas 100%. Meskipun retensi lemak tinggi terjadi pada P1, parameter pertumbuhan bobot mutlak ikan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$) dibanding perlakuan lain, sementara *Feed Conversion Ratio* (FCR) terbukti berbeda nyata ($P < 0,05$). Ikan cenderung mengonsumsi pakan untuk memenuhi kebutuhan energi harian (*energy requirement*). Karena pakan P1 kaya akan BETN mudah dicerna, kebutuhan energi dasar ikan untuk pemeliharaan tubuh (*maintenance*) dan pertumbuhan jaringan dasar terikat pada batas pencernaan energi tertentu. Hal ini menyebabkan penambahan bobot mutlak antar perlakuan tidak berbeda signifikan secara statistik karena total energi terakumulasi untuk pertumbuhan akhir mencapai ambang batas yang serupa. Pada P1, proses konversi karbohidrat (BETN) menjadi lemak tubuh melalui *de novo lipogenesis* membutuhkan energi metabolisme (*metabolic cost*) yang lebih tinggi dibandingkan penyimpanan lemak yang diserap langsung dari pakan. Sebaliknya, pakan terfermentasi (P2 dan P3) menyediakan energi berbasis lemak yang lebih padat (8,54%–9,04%), sehingga pemanfaatan protein untuk pertumbuhan otot lebih efisien (*protein-sparing effect*). Namun, tingginya serat kasar pada pakan terfermentasi (5,73%–6,28%) juga memengaruhi laju pasase pakan dalam saluran pencernaan yang berdampak pada total energi yang dapat dicerna (*digestible energy*). Perbedaan laju metabolisme, efisiensi konversi karbohidrat-ke-lemak, serta densitas energi *digestible* inilah yang menyebabkan pakan yang dihabiskan untuk menghasilkan satu satuan bobot tubuh menjadi berbeda secara nyata, sehingga FCR menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Ikan memiliki kemampuan untuk mengonversi kelebihan energi dari karbohidrat menjadi lemak tubuh melalui jalur *de novo lipogenesis*. Dengan demikian, ikan pada P1 mensintesis lemak tubuh tidak hanya dari lemak pakan, tetapi juga dari karbohidrat pakan yang berlebih, sehingga menghasilkan nilai retensi lemak yang melebihi 100%. Sebaliknya, nilai retensi lemak pada P2 (79,20%) dan P3 (87,81%) berada di bawah 100%, menunjukkan bahwa tidak seluruh lemak pakan terdeposisi dalam tubuh ikan. Pakan P2 dan P3 memiliki kandungan lemak yang jauh lebih tinggi (9,04% dan 8,54%) dibandingkan P1 (3,00%) sebagai dampak proses fermentasi EM4 yang membebaskan lemak terikat dalam matriks serat BIS. Peningkatan kadar lemak pakan pada perlakuan fermentasi menyebabkan ketersediaan lemak untuk kebutuhan energi metabolisme lebih tercukupi, sehingga konversi karbohidrat menjadi lemak (*de novo lipogenesis*) tidak diperlukan sebesar pada perlakuan kontrol. Keseimbangan antara sumber energi dalam pakan sangat memengaruhi jalur metabolisme nutrisi pada ikan. Meskipun retensi lemak pada P2 dan P3 secara persentase lebih rendah dari P1, kadar lemak tubuh akhir ikan pada P2 (13,62%) dan P3 (13,48%) justru lebih tinggi dibandingkan P1 (11,42%) dan ikan awal (11,75%). Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan fermentasi, deposisi lemak tubuh tetap terjadi secara substansial dan bersumber langsung dari lemak pakan yang ketersediaannya meningkat akibat fermentasi. Ikan nila membutuhkan lemak pakan sekitar 6-8%, sehingga kandungan lemak pakan P2 dan P3 yang berkisar 8,54-9,04% telah memenuhi kebutuhan lemak ikan nila dengan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan *Effective Microorganism* 4 (EM4) berpengaruh nyata terhadap konversi pakan (FCR), rasio efisiensi protein (PER), dan retensi lemak ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Fermentasi dengan dosis EM4 8 ml/kg menghasilkan FCR terbaik (2,13) dan PER tertinggi (1,52), menunjukkan bahwa peningkatan dosis EM4 dalam fermentasi BIS meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan dan protein oleh ikan nila. Nilai retensi lemak pada perlakuan kontrol yang melebihi 100% mengindikasikan terjadinya *de novo lipogenesis* akibat rendahnya kandungan lemak pakan. Hasil penelitian ini, bersama dengan temuan sebelumnya (Tommy *et al.*, 2024), menunjukkan bahwa fermentasi BIS dengan EM4 merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan kualitas BIS sebagai bahan pakan ikan nila, khususnya dalam hal efisiensi pemanfaatan pakan dan nutrisi.

DAFTAR PUSTAKA

Alam, Md. M., Haque, M. M., & Santi, M. (2024). Barriers to the Export of Farmed Pangasius and Tilapia from Bangladesh to the International Market: Evidence from Primary and Secondary Data. *Aquaculture Journal*, 4(4), 293–315. <https://doi.org/10.3390/aquacj4040022>

- Asmara, B. A. P., Sukarti, K., Ma'ruf, M., & Kusdianto, H. (2024). Nilai Nutrisi Pakan dan Respons Pertumbuhan Ikan Louhan (*Amphilopus trimaculatus*) Yang Diberi Tepung Bungkil Kelapa Sawit Fermentasi Dengan Lama Waktu Berbeda. *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, 9(2), 154. <https://doi.org/10.33087/akuakultur.v9i2.215>
- BPS. (2020). Kalimantan Timur dalam Angka. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur.
- Buckle, K. A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, & M. Wooton. (2013). *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia Press.
- Devy, R. S., Kusdianto, H., Ma'ruf, M., Nurhalisa, & Wulandari, R. (2026). Pengaruh Penambahan Fermentasi Tepung Bungkil Inti Sawit terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Pemanfaatan Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *JARI: Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 14(1), 7–17.
- Inez, S. G., Kusdianto, H., Reynalta, R., Nikhlani, A., & Ma'ruf, M. (2024). Pengaruh Penambahan bungkil inti sawit terhadap pertumbuhan dan aktivitas enzim pencernaan pada ikan gurami (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, 9(2), 129. <https://doi.org/10.33087/akuakultur.v9i2.214>
- Kari, Z. A., Kabir, M. A., Dawood, M. A. O., Razab, M. K. A. A., Ariff, N. S. N. A., Sarkar, T., Pati, S., Edinur, H. A., Mat, K., Ismail, T. A., & Wei, L. S. (2022). Effect of fish meal substitution with fermented soy pulp on growth performance, digestive enzyme, amino acid profile, and immune-related gene expression of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 546, 737418. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737418>
- Muin, H., & Taufek, N. M. (2024). Evaluation of growth performance, feed efficiency and nutrient digestibility of red hybrid tilapia fed dietary inclusion of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Aquaculture and Fisheries*, 9(1), 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.09.006>
- Simarmata, D. P., 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. <https://doi.org/10.33087/akuakultur.v9i2.213>
- Sukaryana, Y., U, A., V.D, Y., & E, S. (2011). Peningkatan nilai pencernaan protein kasar dan lemak kasar produk fermentasi campuran bungkil inti sawit dan dedak padi pada broiler. *JITP*, 1, 167–172.
- Susanto, A., Agustina, Sukarti, K., Agriandini, M., & Nurhalisa. (2026). Utilization of mandarin orange peel waste as source of bioactive compounds in stripped catfish feed formulation. *Asian Journal of Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.13057/asianjagric/g100135>
- Tommy, S., Sumoharjo, & Kusdianto, heru. (2024). Dosis Effective Microorganism-4 (EM-4) yang berbeda pada fermentasi bungkil inti sawit penyusun pakan terhadap retensi protein dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Aquawarman Jurnal Sains Dan Teknologi Akuakultur*, 10(2), 43–49.
- Zakariyah, A., Kusdianto, H., Nikhlani, A., Ma'ruf, M., & Wulandari, R. (2025). Pengaruh Pemanfaatan Bungkil Inti Sawit Yang Difermentasi Menggunakan EM4 Sebagai Pakan Terhadap Rasio Konversi Pakan dan Pertumbuhan Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, 10(1), 81. <https://doi.org/10.33087/akuakultur.v10i1.246>