JASD
Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau, 11(2), Oktober 2026, pp.398-417
Jurnal Hasil Penelitian Bidang Ilmu Akuakultur
ISSN 2503-4766 (Print) | ISSN 2597-8837 (Online) | DOI 10.33087/akuakultur.v11i2.369
Publisher by : Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Batanghari

Pengaruh Penggunaan Postbiotik Terhadap Performa Pertumbuhan Ikan Nila *(Oreochromis Niloticus)* Pada Fase Pendederan

***Erni Marlina, Cahyo P K, Sinar Pagi Sektiana, dan Ai Setiadi**
Program Studi Teknologi Akuakultur, Politeknik Ahli Usaha Perikanan,
Jl. AUP, Pasar Minggu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12520, Indonesia
*email korespondensi: erni.aup13@gmail.com

Abstract. *Nile tilapia (Oreochromis niloticus) is recognized as a premier fishery commodity due to its rapid growth, high resilience, and broad adaptability to culture environments. Feed is a key factor supporting successful rearing, including during the nursery stage. This study aimed to evaluate the effect of adding a postbiotic product on the growth performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) during the nursery phase. The research was conducted in two stages using a completely randomized design (CRD). Stage I compared feed without the product (control) against feed supplemented with 20% wet product and feed supplemented with 20% dry product. Stage II evaluated the addition of the dry product at dosages of 0%, 10%, 20%, and 30%. Each treatment consisted of three replicates, and the rearing period lasted 42 days. Observed parameters included specific growth rate (SGR), average daily gain (ADG), absolute length growth, average body weight (ABW), biomass, feed conversion ratio (FCR), survival rate (SR), water quality, and feed nutritional composition. In Stage I, the 20% wet product treatment showed an SGR of 0.13 ± 0.00, while the 20% dry product showed 0.12 ± 0.00; the control showed 0.09 ± 0.00. In Stage II, the 20% dosage was reported to yield the best growth response. Analysis results indicate that postbiotics significantly influenced growth, particularly at the 20% dosage, which yielded the best performance: an SGR of 0.09±0.00%, ADG of 0.15±0.01 g/day, ABW of 3.98±0.04 g/fish, and FCR of 0.94±0.02. Water quality remained within optimal ranges throughout the study, and proximate and amino acid analyses demonstrated improved feed nutritional quality. It is concluded that the inclusion of 20% dried postbiotics in the feed effectively enhances the growth of tilapia during the nursery phase and serves as a functional feed alternative for sustainable aquaculture.*

Keywords : *Nile Tilapia Fry, Growth, Postbiotics, Feed Conversion Ratio.*

Abstrak. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dikenal sebagai komoditas perikanan unggulan karena pertumbuhannya yang cepat, daya tahan yang tinggi, serta kemampuan adaptasi yang luas terhadap lingkungan budidaya. Pakan merupakan faktor utama yang menunjang keberhasilan pemeliharaan, termasuk pada tahap pendederan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan produk yang disebut postbiotik terhadap performa pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada fase pendederan. Penelitian dilakukan dalam dua tahap menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Tahap I membandingkan pakan tanpa penambahan produk (kontrol), pakan dengan penambahan produk basah 20%, dan pakan dengan penambahan produk kering 20%. Tahap II mengevaluasi penambahan produk kering pada dosis 0%, 10%, 20%, dan 30%. Setiap perlakuan terdiri atas tiga ulangan dan pemeliharaan berlangsung selama 42 hari. Parameter yang diamati meliputi laju pertumbuhan spesifik (SGR), pertambahan bobot harian (ADG), pertumbuhan panjang mutlak, bobot rata-rata individu (ABW), biomassa, rasio konversi pakan (FCR), tingkat kelangsungan hidup (SR), kualitas air, dan komposisi nutrisi pakan. Pada Tahap I, perlakuan produk basah 20% menunjukkan nilai SGR 0,13 ± 0,00, sedangkan produk kering 20% menunjukkan nilai 0,12 ± 0,00; kontrol menunjukkan nilai 0,09 ± 0,00. Pada Tahap II, dosis 20% dilaporkan menghasilkan respons pertumbuhan terbaik. Hasil analisis menunjukkan bahwa postbiotik mempengaruhi pertumbuhan secara signifikan, terutama pada dosis 20% yang menghasilkan performa terbaik dengan SGR 0,09±0,00%, ADG 0,15±0,01 g/hari, ABW 3,98±0,04 g/ekor, serta FCR 0,94±0,02. Kualitas air selama penelitian berada dalam kisaran optimal, dan uji proksimat serta amino menunjukkan peningkatan kualitas nutrisi pakan. Disimpulkan bahwa penggunaan 20% postbiotik kering dalam pakan secara efektif meningkatkan pertumbuhan ikan nila pada fase pendederan, serta menjadi alternatif pakan fungsional dalam budidaya ikan berkelanjutan.

Kata kunci : Benih Ikan Nila, Pertumbuhan, Postbiotik, Rasio Konversi Pakan.

PENDAHULUAN

Ikan nila merupakan salah satu komoditas air tawar unggulan di Indonesia karena memiliki nilai ekonomis tinggi dan menjadi penopang ekonomi masyarakat (Febriati et al., 2025). Peningkatan produksi ikan nila dimulai dari pemeliharaan benih yang berkualitas dan tahan penyakit, dengan permintaan pasar yang tinggi terhadap benih berumur 1–2 bulan, terutama ukuran 5–7 cm karena kemampuannya beradaptasi dan tumbuh cepat. Masa pendederan menjadi tahap krusial, di mana pakan memegang peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (Putra et al., 2022). Pemberian pakan yang optimal menjadi kunci dalam memperoleh pertumbuhan yang baik, karena pakan merupakan sumber energi utama bagi ikan (Setiyowati et al., 2022).

Namun, tantangan utama dalam budidaya ikan nila adalah tingginya biaya pakan, yang mencapai 60–75% dari total biaya produksi (Iskandar et al., 2021). Harga pakan buatan relatif mahal akibat kandungan proteinnya yang tinggi,

sementara bahan baku seperti tepung ikan dan tepung kedelai semakin mahal, langka, dan tidak selalu berkualitas. Masyarakat telah mencoba solusi pakan mandiri menggunakan bahan lokal, namun kualitas nutrisi yang dihasilkan belum tentu optimal untuk pertumbuhan ikan. Alternatif pakan murah pun kerap tidak memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan (Kusuma, et al., 2022), sehingga dibutuhkan inovasi pakan yang ekonomis namun tetap mampu mendukung performa pertumbuhan ikan secara maksimal (Gazali et al.,, 2024).

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian di bidang akuakultur telah berkembang ke arah penggunaan bahan aditif fungsional seperti probiotik dan sinbiotik untuk meningkatkan kesehatan dan performa ikan. Probiotik seperti *Lactobacillus* terbukti meningkatkan ketersediaan nutrisi dan efisiensi pakan. Namun, untuk mengatasi keterbatasan probiotik, pendekatan tambahan seperti prebiotik mulai digunakan. Prebiotik tidak dapat dicerna oleh inang, tetapi merangsang pertumbuhan bakteri menguntungkan dalam saluran pencernaan, sehingga meningkatkan pertumbuhan, kelangsungan hidup, efisiensi pakan, dan sistem imun ikan (Gufe et al., 2023).

Alvanou et al., (2023) mengungkapkan bahwa sinbiotik kombinasi prebiotik dan probiotik diperkenalkan untuk mendukung keseimbangan mikrobiota usus secara lebih efektif, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh lingkungan dan kualitas pakan. Pendekatan terbaru adalah penggunaan postbiotik, yaitu senyawa hasil metabolisme mikroorganisme yang memberi manfaat bagi inang tanpa membawa mikroorganisme hidup, sehingga lebih stabil, mudah disimpan, dan tahan terhadap kondisi ekstrem (Mishra et al., 2024). Postbiotik dianggap berpotensi besar sebagai aditif pakan dalam budidaya perikanan berkelanjutan karena keamanannya dan kemampuannya dalam mendukung kesehatan ikan secara efisien (Fachri et al., 2024). Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji dan menganalisa peran *postbiotik* sebagai tambahan pakan dalam budidaya ikan nila, terutama pada fase pendederan.

BAHAN DAN METODE

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk memperoleh data primer. Data dikumpulkan melalui serangkaian pengamatan, pengukuran, penimbangan, dan pencatatan parameter uji.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan dalam dua tahapan. Tahap pertama merupakan skala riset terbatas (*mini research*) menggunakan akuarium sebagai wadah pemeliharaan, sedangkan tahap kedua dilanjutkan dengan penggunaan bak budidaya. Masing-masing fase penelitian berlangsung selama 42 hari dengan penebaran 1 ekor per 2 liter air.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi termometer, DO Meter, pH Meter, timbangan digital, aerator, oven, selang sipon, blender, akuarium berukuran 50 X 40 X 30 cm berkapasitas 60 Liter, akuarium berukuran 60 X 40 X 50 cm berkapasitas 120 liter. Sementara itu, bahan penelitian yang digunakan terdiri atas air, postbiotik (*Lactobacillus* sp.) pakan komersial (kadar protein 30%), dedak, molase, susu, air kelapa dan benih Ikan nila Sultana (*Oreochromis niloticus*).

Penelitian Tahap I

Tahap I merupakan penelitian pendahuluan (*mini researc*h) yang dilaksanakan di Politeknik Ahli Usaha Perikanan Kampus Serang. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan tiga kali ulangan. Wadah yang digunakan berupa akuarium berukuran 50 X 40 X 30 cm yang diisi 40 liter air dari volume maksimal 60 liter. Perlakuan yang diterapkan meliputi:

1. Perlakuan A (kontrol): Pakan pelet komersial tanpa penambahan postbiotik.
2. Perlakuan B: Pakan komersial + 20% postbiotik basah.
3. Perlakuan C: Pakan komersial + 20% postbiotik kering.

Penelitian Lanjutan Tahap II

Tahap II merupakan keberlanjutan dari Tahap I. Mengingat tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan postbiotik basah dan kering pada Tahap I, maka Tahap II menggunakan postbiotik kering atas pertimbangan kemudahan penyimpanan dan daya simpan. Penelitian Tahap II dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Politeknik Ahli Usaha Perikanan Kampus Jakarta. Penelitian ini menggunakan wadah yang digunakan berupa akuarium berukuran 60 X 40 X 50 cm yang diisi 84 liter air dari volume maksimal 120 liter air, diterapkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga kali ulangan:

1. Perlakuan A (kontrol): Tanpa penambahan postbiotik.
2. Perlakuan B: Pakan komersil + 10% postbiotik kering.
3. Perlakuan C: Pakan komersil + 20% postbiotik kering.
4. Perlakuan D: Pakan komersil + 30% postbiotik kering.

Prosedur Penelitian

Persiapan Wadah

Setiap akuarium dibersihkan menggunakan detergen, dibilas hingga bersih, serta dilengkapi dengan sistem aerasi. Air media pemeliharaan bersumber dari tandon yang dialirkan melalui selang.

Penebaran Benih

1. Tahap I: Benih ikan nila berukuran 2–3 cm dan berat 0,4–0,5 g ditebar sebanyak 20 ekor per akuarium.
2. Tahap II: Benih berukuran 2–3 cm dan berat 0,4–0,5 g ditebar sebanyak 42 ekor per akuarium.

Benih ikan yang digunakan berasal dari *Teaching Factory* Politeknik Ahli Usaha, yaitu varietas nila hitam Sultana (*Oreochromis niloticus*) asal Sukabumi. Penebaran benih dilakukan pada sore hari setelah melalui proses aklimatisasi selama 3–5 hari.

Pembuatan dan Pengelolaan Pakan

Postbiotik dibuat melalui proses fermentasi sinbiotik yang menggunakan *Lactobacillus* sp., dedak, molase, susu, air kelapa, dan air selama 14 hari. Postbiotik basah dikeringkan tanpa pengovenan, sedangkan postbiotik kering dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50 ^{o}C selama 10 jam, kemudian dihaluskan dengan blender.

Pakan komersial yang mengandung protein 30% dicampur dengan postbiotik dan sedikit air 40-50 menit sebelum diberikan kepada ikan. Pemberian pakan dilakukan secara *feeding rate* 7% dari biomassa harian, yang dibagi ke dalam dua waktu pemberian, yaitu pukul 08.00 dan 16.00 WIB.

Monitoring Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) dan Amonia (NH_3). Pengukuran dilakukan dua kali sehari menggunakan termometer, pH meter, dan DO meter. Pergantian air sebanyak 20% dari total volume dilakukan 7 hari dengan metode penyiponan.

Monitoring Pertumbuhan

Pengambilan sampel dilakukan setiap 7 hari. Sebanyak lima ekor ikan dari setiap akuarium untuk ditimbang beratnya serta diukur panjangnya secara hati-hati guna meminimalkan stres. Parameter pertumbuhan yang dihitung meliputi *Spesific Growth Rate* (SGR), *Average Daily Growth* (ADG), *Average Body Weight* (ABW), Biomassa, *Feed Conversion Ratio* (FCR), *Survival Rate* (SR).

Laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate* /SGR) dihitung berdasarkan metode (Muchlisin et al., 2016) menggunakan rumus berikut:

$$SGR(\%/hari) = \frac{LnWt - LnWo}{t} \; X \; 100$$

Keterangan :
SGR : Laju pertumbuhan berat spesifik (%/hari) (g)
LnWt : Bobot ikan di akhit pemeliharaan (g)
LnWo : Bobot ikan awal pemeliharaan (g)
t : Lama waktu pemeliharaan (hari)

Nilai pertambahan bobot harian (*Average Daily Growth* (ADG) dihitung mengacu pada (Muchlisin et al., 2016) dengan rumus:

$$\text{ADG} = \frac{wt - wo}{t}$$

Keterangan :
Wt : Berat akhir (g)
Wo : Berat awal (g)
t : Lama pemeliharaan (hari)

Bobot tubuh rata-rata (*Average Body Weight* (ABW) dihitung berdasarkan persamaan menurut (Juanda et al., 2025):

$$\text{ABW (g/ekor)} = \frac{\text{Total bobot ikan (g)}}{\text{Jumlah ikan (ekor)}}$$

Biomassa akhir dihitung dengan mengukur total bobot seluruh ikan pada akhir masa pemeliharaan mengacu pada (Delgado, et al., 2024):

$$B_f\ (\text{g}) = N_f\ (g)\ X\ W_f\ (g/ekor)$$

Keterangan:
B_f : Biomassa akhir (g atau kg)
N_f : Jumlah ikan yang hidup pada akhir pemeliharaan (ekor)
W_f : Bobot rata-rata ikan pada akhir pemeliharaan (g/ekor)

Rasio konversi pakan *(Feed Conversion Ratio* (FCR) dihitung sesuai dengan persamaan menurut (Gompi et al., 2023):

$$FCR = \frac{F}{W}$$

Keterangan :
F : Total pakan yang diberikan (kg)
W : Total biomas panen (kg)

Penghitungan *Survival Rate* (SR) dihitung menggunakan persamaan (Widyatmoko et al 2019).

$$\text{SR}\ (\%) = \frac{Nt}{No} X\ 100$$

Keterangan :
SR : *Survival Rate (%)*
Nt : Jumlah Ikan pada akhir penelitian (Ekor)
No : Jumlah Ikan Pada Awal Penelitian (Ekor)

HASIL DAN PEMBAHASAN

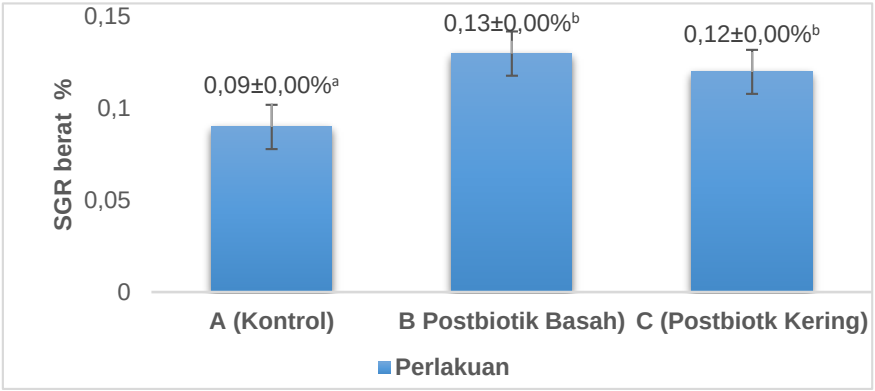
Penelitian Tahap I

Penelitian tahap I ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas dan efisiensi suplementasi perlakuan dalam bentuk basah dan kering pada pakan komersial terhadap pendederan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Pertumbuhan

Spesific Growth Rate (SGR)

Hasil pengamatan terhadap nilai laju pertumbuhan spesifik atau *Specific Growth Rate* (SGR) berat benih ikan nila selama masa pemeliharaan menunjukkan adanya variasi pencapaian nilai antarkelompok perlakuan sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata *Spesific Growth Rate* (SGR)

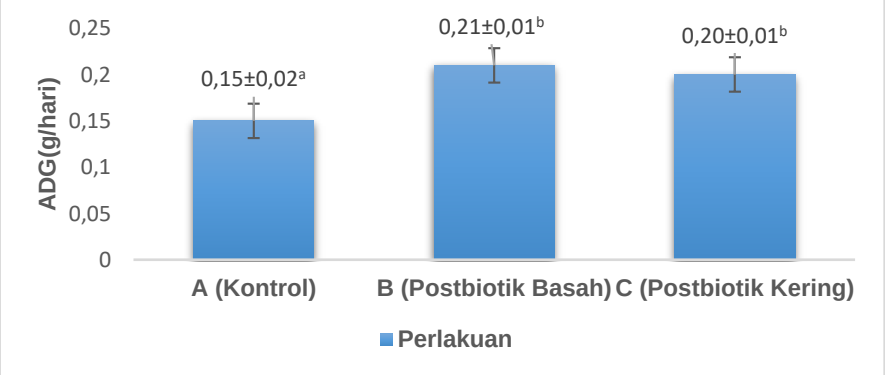
Berdasarkan Gambar , rata-rata laju pertumbuhan berat spesifik (*Specifik Growth Rate*/SGR) benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) tertinggi selama masa pemeliharaan diperoleh pada perlakuan B yaitu sebesar 0,13±0,00%, diikuti oleh perlakuan C sebesar 0,12±0,00%, dan nilai terendah terdapat pada perlakuan A sebesar 0,09±0,00%. Hasil analisis ragam (*Analysis of Variance/ANOVA)* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($P < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan berpengaruh nyata antar perlakuan. Dengan demikian, hipotesis penelitian (H_1) diterima, yang membuktikan bahwa penambahan postbiotik bentuk basah maupun kering pada pakan berpengaruh nyata terhadap peningkatan laju pertumbuhan berat spesifik benih ikan nilai (*Oreochorimis niloticus*).

Peningkatan laju pertumbuhan spesifik pada perlakuan penambahan postbiotik ini secara biologis berkaitan erat dengan mekanisme kerja senyawa aktif postbiotik dalam mengoptimalkan fungsi saluran pencernaan dan metabolisme nutrien ikan. Postbiotik merupakan gabungan dari komponen sel mikroorganisme inaktif beserta metabolit sekundernya, seperti asam organik, enzim, asam lemak rantai pendek (*short- chain fatty acids* / SCFA), serta peptida bioaktif (Asefa et al., 2025). Amal et al., (2026) Mengungkapkan bahwa keberadaan metabolit aktif dapat merangsang sekresi dan meningkatkan aktivitas enzim- enzim pencernaan endogen, khususnya protease, amilase, dan lipase pada usus ikan nila.

Kenaikan kegiatan enzimatis ini memesatkan proses hidrolisis makronutrien pakan menjadi molekul simpel yang siap diserap oleh epitel usus. Tidak hanya meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, suplementasi postbiotik juga berfungsi untuk memperbaiki integritas serta morfologi mikrostruktur usus (Inez et al., 2024; Fitriani et al., 2024). Perubahan ini membuat area yang lebih besar di usus di mana nutrisi dapat diserap, sehingga tubuh dapat menyerap lebih banyak nutrisi dari makanan (Linh et al., 2026). Zat postbiotik yang stabil, baik basah maupun kering, membantu menjaga molekul yang bermanfaat agar tetap aman sehingga tidak rusak atau rusak saat pembuatan makanan ikan atau saat ikan mencerna makanan tersebut (Chandravanshi et al., 2024). Ketika tubuh menghasilkan lebih banyak enzim, memiliki area yang lebih besar untuk menyerap nutrisi, dan memiliki bakteri baik di usus, tubuh dapat menyerap lebih banyak nutrisi dan energi dari makanan. Ini membantu tubuh tumbuh dan membangun jaringan serta protein alih-alih hanya menggunakan energi untuk menjaga agar tetap berjalan.

Average Daily Growth (ADG)

Hasil analisis terhadap nilai laju pertumbuhan harian atau *Average Daily Growth* (ADG) benih ikan nila selama masa pemeliharaan menunjukkan variasi nilai antarkelompok perlakuan sebagaimana disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Average Daily Growth* (ADG)

Berdasarkan hasil pengamatan yang disajikan pada Gambar 2, suplementasi zat aktif (postbiotik) baik dalam perlakuan B maupun perlakuan C memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan laju pertumbuhan harin (*Average Daily Growth*/ADG) benih ikan nilai dibandingkan dengan perlakuan A dengan nilai Sig ($P < 0,05$). Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan harian benih ikan nila tertinggi terdapat pada perlakuan B dengan nilai $0,21 \pm 0,01$ g/hari, diikuti berturut-turut oleh perlakuan C dengan nilai $0,20 \pm 0,01$ g/hari, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan A sebesar $0,15 \pm 0,02$ g/hari.

Peningkatan nilai ADG yang signifikan pada perlakuan suplementasi (basah dan kering) membuktikan bahwa metabolit fungsional di dalam zat postbiotik mampu mengoptimalkan pemanfaatan nutrisi pakan. Secara fisiologis, peningkatan pertumbuhan harian ini berkaitan erat dengan perbaikan kesehatan saluran pencernaan ikan (Gomez et al., 2025). Sejalan dengan pernyatan Linh et al., (2026) bahwa komponen postbiotik dan paraprobiotik berfungsi sebagai modulator mikrobiota usus yang efektif menstimulasi sekresi enzim pencernaan serta memperluas area permukaan serapan nutrisi (vili usus). Kondisi tersebut mengakibatkan perolehan nutrisi dan energi dari pakan tidak hanya difokuskan untuk keperluan pemeliharaan tubuh (*maintenance*), tetapi juga dialokasikan secara maksimal guna memacu pembentukan jaringan tubuh (somatik) serta penumpukan protein. Hal tersebut berimbas pada pencapaian berat badan harian ikan nila yang meningkat secara optimal.

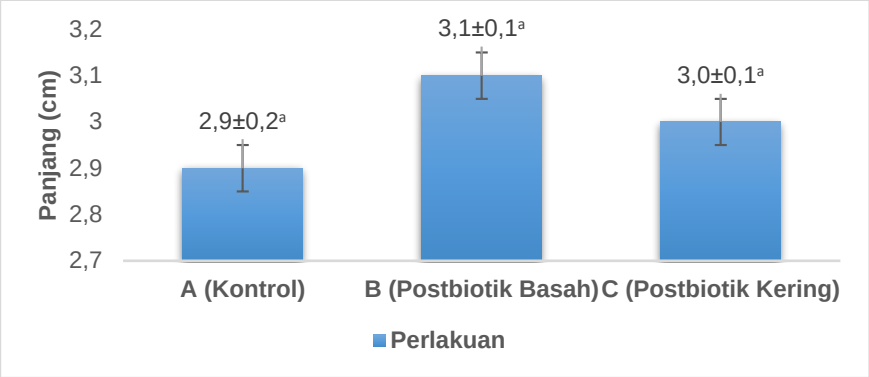
Meskipun hasil ADG yang sama-sama tinggi dan berbeda nyata terhadap kontrol ditunjukkan oleh perlakuan B dan perlakuan C, cara aplikasi serta stabilitas molekulnya tetap memengaruhi tingkat efektivitas keduanya. Keutuhan senyawa bioaktif sering kali dipertahankan oleh bentuk basah tanpa melalui proses pemanasan ekstrem, sementara keunggulan dalam hal ketahanan *termostabil* saat pencampuran pakan komersial serta stabilitas penyimpanan (*shelf-life*) dibuktikan oleh bentuk kering (Yaslikan et al., 2023).

Perlindungan terhadap molekul bermanfaat agar tidak terdegradasi sebelum dikonsumsi oleh benih ikan nila, serta keamanan dari kerusakan enzim pencernaan di saluran bagian atas (Dahmouni et al., 2026). Berdasarkan uraian

tersebut, suplementasi zat postbiotik, baik dalam bentuk basah maupun kering, direkomendasikan untuk diaplikasikan dalam manajemen pendederan ikan nila guna mengoptimalkan performa pertumbuhan secara signifikan.

Pertumbuhan Panjang Mutlak

Hasil analisis nilai Pertumbuhan Panjang Mutlak ikan nila selama masa pemeliharaan menunjukkan adanya perbedaan nilai pertumbuhan panjang mutlak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pertumbuhan Panjang Mutlak

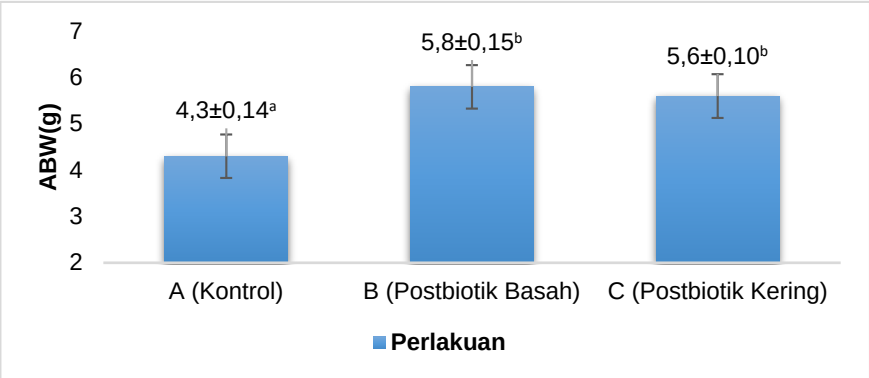
Berdasarkan data pada Gambar 3, pencapaian pertumbuhan panjang mutlak benih ikan nila selama 42 hari masa pemeliharaan menunjukkan variasi antarkelompok perlakuan. Nilai pertumbuhan panjang mutlak tertinggi dicatat pada perlakuan B sebesar 3,1 ± 0,1 cm, yang diikuti oleh perlakuan C dengan nilai 3,0 ± 0,1 cm, sedangkan nilai terendah ditunjukkan oleh perlakuan A sebesar 2,9 ± 0,2 cm.

Peningkatan pertumbuhan linier yang lebih baik pada perlakuan suplementasi postbiotik (basah maupun kering), membuktikan bahwa perkembangan kerangka dan jaringan tubuh ikan mampu ditstimulasi secara optimal oleh penambahan metabolit fungsional ke dalam pakan komersial. Secara fisiologis, peningkatan parameter panjang mutlak ini berkaitan erat dengan perbaikan kesehatan saluran pencernaan serta peningkatan efisiensi asimilasi nutrisi protein (Limbong et al., 2026). Komponen postbiotik diketahui berperan sebagai modulator mikrobiota usus yang efektif meningkatkan aktivitas enzim pencernaan (Inez et al., 2024), sehingga ketersediaan zat gizi esensial—khususnya asam amino untuk sintesis jaringan otot dan matriks tulang dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh benih ikan (Fernanda & Hariani, 2021).

Perlakuan B dan perlakuam C menunjukkan keunggulan hasil pertumbuhan panjang yang signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol, variasi efektivitas keduanya tetap ditentukan oleh karakteristik fisik serta stabilitas molekul masing-masing sediaan. Tanpa melibatkan proses pemanasan ekstrem, keutuhan senyawa bioaktif dapat dipertahankan melalui sediaan bentuk basah, sementara keunggulan berupa ketahanan termostabil saat pencampuran pakan komersial serta stabilitas penyimpanan (*shelf-life*) dihadirkan oleh bentuk kering lewat penerapan mikroenkapsulasi atau pengeringan terkontrol (Prasetiyo et al., 2020). Suplementasi postbiotik basah maupun kering dapat diaplikasikan pada pemeliharaan benih ikan nila untuk mendukung pertumbuhan somatik.

***Average Body Weight* (ABW)**

Pertumbuhan bobot mutlak benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) tercermin dari parameter *Average Body Weight* (ABW) pada akhir pemeliharaan. Sebaran nilai rata-rata ABW antar-kelompok perlakuan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Average Body Weight*

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Gambar 4, penambahan postbiotik ke dalam pakan memberikan pengaruh nyata ($P < 0{,}05$, $Sig. = 0{,}000$) terhadap rata-rata bobot tubuh (*Average Body Weight* / ABW) benih ikan nila. Rata-rata bobot tubuh ikan nila pada perlakuan A dicapai sebesar $4{,}3 \pm 0{,}14$ g, sedangkan perlakuan B dan perlakuan C berturut-turut menghasilkan bobot sebesar $5{,}8 \pm 0{,}15$ g dan $5{,}6 \pm 0{,}10$ g.

Secara statistik, perlakuan perbaikan nutrisi pakan melalui penambahan postbiotik, baik bentuk basah maupun kering—menunjukkan nilai *Average Body Weight* / ABW yang signifikan lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol (pakan tanpa postbiotik). Hasil ini sejalan dengan pernyataan Ekasari et al., (2023) bahwa komponen pasca-biotik yang terkandung dalam metabolisme sel mikroba non-vital mampu mengoptimalkan performa pertumbuhan organisme akuatik.

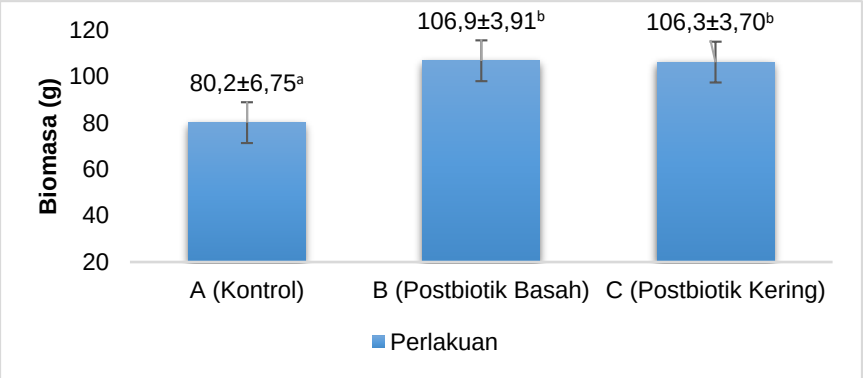
Peningkatan bobot rata-rata pada perlakuan B dan perlakuan C dipengaruhi oleh keberadaan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam postbiotik. Sesuai dengan pernyataan Ekasari et al., (2023) postbiotik mengandung struktur β-glukan dan peptidoglikan pada dinding selnya serta memproduksi peptida antimikroba yang meningkatkan efisiensi pakan dan respons imun ikan nila. Metabolit ini bekerja dengan cara meningkatkan aktivitas enzim pencernaan di saluran pencernaan ikan, seperti protease, amilase, dan lipase, sehingga efisiensi kecernaan dan penyerapan nutrisi pakan (*feed utilization*) menjadi lebih maksimal (Pratama et al., 2021).

Perlakuan B memberikan hasil bobot tertinggi 5,8 g, diduga karena metabolit terlarut dan enzim aktif di dalamnya tidak mengalami proses pemanasan atau pengeringan yang dapat merusak atau menurunkan aktivitas biologi sebagian struktur molekulnya. Meskipun demikian, perlakuan C dengan nilai *Average Body Weight* / ABW 5,6 g secara signifikan ($P < 0{,}05$) lebih unggul dibandingkan perlakuan A . Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar molekul bioaktif dalam postbiotik memiliki stabilitas termal dan kimiawi yang baik, sehingga tetap efektif meskipun disajikan dalam wujud kering.

Mekanisme utama peningkatan pertumbuhan benih ikan nila melalui aplikasi postbiotik mencakup perbaikan integritas morfologi vili usus dan modulasi mikrobiota usus. Luas permukaan vili usus yang meningkat secara langsung berbanding lurus dengan laju absorbansi nutrisi pakan, yang pada akhirnya ditranslasikan menjadi penambahan laju pertumbuhan dan akumulasi bobot tubuh ikan secara signifikan (Ekasari et al., 2023).

Biomassa

Parameter biomassa akhir pemeliharaan benih ikan nila antar-kelompok perlakuan disajikan pada Gambar 5.



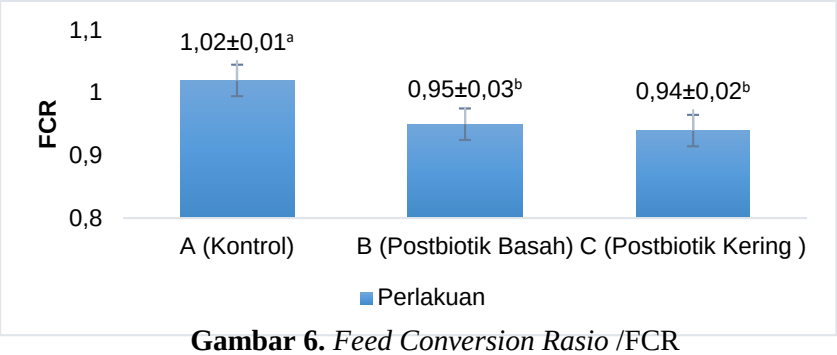
Gambar 5. Biomassa

Berdasarkan hasil analisis data yang ditunjukkan pada Gambar 5, penambahan postbiotik ke dalam pakan komersial memberikan pengaruh berbeda nyata ($P < 0{,}05$, $Sig. = 0{,}001$) terhadap akumulasi biomassa akhir pemeliharaan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Nilai biomassa akhir tertinggi diperoleh pada perlakuan B sebesar $106{,}93 \pm 3{,}91$ g, diikuti oleh perlakuan C sebesar $106{,}33 \pm 3{,}70$ g. Kedua perlakuan suplementasi postbiotik ini menghasilkan biomassa yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan A tanpa postbiotik yang hanya mencapai $80{,}21 \pm 6{,}75$ g.

Biomassa total ikan pada akhir masa pemeliharaan merupakan fungsi matematis dari akumulasi pertumbuhan bobot rata-rata individu (*Average Body Weight* / ABW) dan tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate* / SR). Peningkatan biomassa secara signifikan pada perlakuan B dan perlakuan C mengindikasikan bahwa suplementasi pasca-biotik tidak hanya memacu laju pertumbuhan individu melalui efisiensi pencernaan, tetapi juga menjaga stabilitas tingkat kelangsungan hidup populasi benih ikan nila selama periode pemeliharaan (Wisastra et al., 2025).

***Feed Conversion Ratio* (FCR)**

Parameter nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) atau rasio konversi pakan benih ikan nila antar-kelompok perlakuan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Feed Conversion Rasio* /FCR

Berdasarkan hasil analisis data yang ditunjukkan pada Gambar 6, penambahan postbiotik pada pakan komersial memberikan pengaruh berbeda nyata ($P < 0{,}05$) terhadap nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Nilai FCR tertinggi dicatat pada perlakuan A sebesar $1{,}02 \pm 0{,}01$, sedangkan perlakuan B sebesar $0{,}95 \pm 0{,}03$ dan perlakuan C sebesar $0{,}94 \pm 0{,}02$ secara signifikan mampu menekan nilai FCR menjadi lebih rendah ($P < 0{,}05$). Secara statistik, nilai *Feed Conversion Rasio* /FCR pada perlakuan B dan C terbukti berabsisi sama (berada pada notasi huruf yang sama, *b*), yang menunjukkan bahwa baik postbiotik wujud basah maupun kering memiliki efektivitas sebanding dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan.

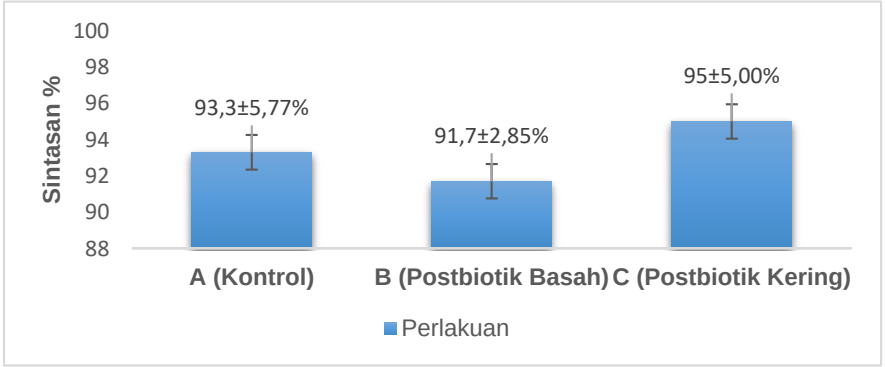
Nilai *Feed Conversion Rasio* /FCR merepresentasikan jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan bobot tubuh ikan (Simarmata et al., 2024). Angul et al., (2025) menyebutkan bahwa semakin rendah nilai FCR menunjukkan bahwa semakin efisien pakan dan pakan yang dimakan digunakan dengan baik oleh ikan dalam menunjang metabolisme dan peningkatan bobot tubuh. *Feed Conversion Rasio* /FCR berbanding terbalik dengan tingkat efisiensi pakan; semakin kecil rasio yang dihasilkan, maka mutu dan pemanfaatan nutrisi pakan oleh enzim pencernaan ikan semakin baik. Penurunan FCR hingga di bawah angka 1,0 pada perlakuan B 0,95 dan perlakuan C 0,94 menandakan efisiensi pemanfaatan pakan yang sangat tinggi (*high feed efficiency*) pada fase benih ikan nila.

Penurunan nilai FCR pada perlakuan yang diberi postbiotik didorong oleh kerja molekul bioaktif yang terkandung di dalam ekstrak postbiotik, seperti enzim eksogen (protease, amilase, lipase), peptida terlarut, dan asam organik (Cheng et al., 2026). Senyawa-senyawa ini menstimulasi gaster dan usus halus untuk memproduksi enzim pencernaan endogen secara lebih progresif, sehingga proses pemecahan makromolekul pakan (seperti protein dan karbohidrat) menjadi molekul sederhana yang siap diserap berjalan lebih cepat dan optimal (Ekasari et al., 2023). Akibatnya, lebih sedikit nutrisi yang terbuang sebagai sisa metabolisme/feses (*excreta*), yang berdampak langsung pada efisiensi pakan yang lebih tinggi.

Metabolit postbiotik seperti asam lemak rantai pendek (*short-chain fatty acids* / SCFA) berperan penting dalam memodulasi mikro-lingkungan usus ikan nila. Selain itu, keberadaan asam lemak rantai pendek (*Short-Chain Fatty Acids / SCFA*) di dalam saluran pencernaan berperan penting dalam menjaga homeostasis usus. SCFA mampu menurunkan pH lumen usus sehingga menciptakan kondisi yang tidak optimal bagi perkembangan populasi bakteri patogen, di samping itu asam butirat berfungsi sebagai sumber energi utama yang merangsang proliferasi dan regenerasi sel epitel usus (Zhan et al., 2022). Kondisi usus yang sehat dan efisien ini meminimalkan energi yang terbuang untuk pemeliharaan *gut barrier*, sehingga alokasi energi metabolisme pakan dapat difokuskan sepenuhnya untuk akumulasi pertumbuhan bobot tubuh.

***Survival Rate* (SR)**

Parameter tingkat kelangsungan hidup atau *Survival Rate* (SR) benih ikan nila antar-kelompok perlakuan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. *Survival Rate* (SR)

Berdasarkan hasil analisis data yang disajikan pada Gambar 7, tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate* / SR) benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama periode pemeliharaan berkisar antara $91{,}7 \pm 2{,}85\%$ hingga $95{,}0 \pm 5{,}00\%$. Nilai sintasan tertinggi dicapai pada perlakuan C sebesar $95 \pm 5{,}00\%$, diikuti oleh perlakuan A sebesar $93{,}3 \pm 5{,}77\%$, dan perlakuan B sebesar $91{,}7 \pm 2{,}85\%$.

Hasil pengamatan statistik menunjukkan bahwa persentase sintasan antar perlakuan tidak berbeda nyata ($P > 0{,}05$). Nilai kelangsungan hidup yang tergolong tinggi di atas 90% pada seluruh perlakuan mengindikasikan bahwa media pemeliharaan, kualitas air, serta manajemen pemberian pakan berada dalam kondisi optimal dan aman bagi kelangsungan hidup benih ikan nila (Purnama et al., 2024). Selain itu, tidak ditemukannya pengaruh negatif atau penurunan sintasan pada perlakuan B dan perlakuan C. Penggunaan aditif pakan alami berbasis postbiotik terbukti aman diaplikasikan pada pakan ikan nila tanpa menimbulkan efek negatif terhadap fisiologi maupun kelangsungan hidup ikan (Krettiawan et al., 2026). Sifat aman dan non-toksik dari sediaan metabolit ini mendukung optimalisasi fungsi pencernaan serta stabilitas kualitas lingkungan pemeliharaan.

Kualitas Air

Parameter kualitas air media pemeliharaan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama penelitian dijaga dan diukur secara berkala untuk memastikan berada pada kisaran optimal bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan. Data hasil pengukuran parameter kualitas air disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran parameter kualitas air

Parameter	Satuan	Kisaran Hasil Pengukuran	Baku Mutu*	Alat Ukur/Metode
Suhu	^oC	27,5 – 29,8	35 – 32	Thermometer
pH	-	7,2 – 7,8	6,6 – 8,5	pH Meter Digital
Oksigen Terlarut (DO)	Mg/L	5,2 – 6,8	>5,0	DO Meter Digital
Amonia (NH_3)	Mg/L	0,01 – 0,04	<0,1	Spektrofotometer

*Baku mutu berdasarkan SNI 7550:2009

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Tabel 1, seluruh parameter kualitas air media pemeliharaan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berada pada kisaran optimal yang memenuhi standar baku mutu (SNI 7550:2009). Suhu ($27{,}5 - 29{,}8\ ^\circ C$), pH ($7{,}2 - 7{,}8$), oksigen terlarut ($5{,}2 - 6{,}8$ mg/L), dan amonia ($0{,}01 - 0{,}04$ mg/L) terukur stabil dalam mendukung proses fisiologis, laju metabolisme, serta efisiensi pencernaan ikan (Takdir et al., 2025). Selain itu, kadar amonia yang rendah mencerminkan efektivitas manajemen media serta dampak positif aditif postbiotik dalam meningkatkan daya cerna pakan dan menekan limbah nitrogen (Baihaqi et al., 2024; Evrendilek, 2026). Dengan kondisi lingkungan yang homogen antar-perlakuan, perbedaan performa pertumbuhan (ABW, biomassa, FCR) dan kelangsungan hidup (SR) murni dipengaruhi oleh suplementasi postbiotik pada pakan.

Nutrisi Pakan

Pada Penelitian ini dilakukan uji proksimat untuk mengetahui kandungan yang ada pada pakan yang di berikan sesuai dengan perlakuan. Hasil proksimat yang didapatkan disajikan pada Tabel 2 dan hasil uji asam amino pada pakan ikan disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil uji proksimat pakan

No	Perlakuan	Protein (%)	Abu (%)	Kadar Air (%)	Lemak (%)
1	A (Kontrol)	28,79	8,46	9,23	6,80
2	B (Postbiotik Basah)	31,23	6,04	14,18	5,13
3	C (Postbiotik Kering)	30,78	7,72	10,15	5,64

Keterangan : Standart Pendederan SNI 01-7242-2006, Protein Minimal 30%, Abu Maksimal 13%, Kadar Air Maksimal 12%, Lemak Minimal 5%

Hasil uji proksimat menunjukkan suplementasi postbiotik pada perlakuam B sebesar 31,23% dan perlakuan C sebesar 30,78% mampu meningkatkan kadar protein kasar hingga memenuhi standar SNI 01-7242-2006 (minimal 30%). Hal ini menandakan bahwa penambahan postbiotik bisa meningkatkan protein pakan pada ikan. Protein memiliki berbagai fungsi penting dalam pakan ikan nila, termasuk sebagai nutrisi utama untuk pertumbuhan jaringan dan organ tubuh ikan (Manik & Arleston, 2021). Selain itu, protein juga berperan sebagai sumber energi utama. Selama pertumbuhan, ikan nila memerlukan asupan protein yang cukup untuk mendukung pertumbuhan yang optimal (Pangkey, 2011).

Perlakuan B memiliki kadar air tertinggi 14,18% akibat penambahan ekstrak basah, sedangkan pakan C sebesar 10,15% lebih stabil dan memenuhi batas maksimal SNI (12%). Seluruh perlakuan memiliki kadar lemak (> 5%) dan abu (< 13%) yang ideal, mengindikasikan efisiensi pemanfaatan protein (*protein sparing effect*) serta kualitas bahan organik pakan yang optimal untuk pendederan ikan nila (Aulia, 2025).

Tabel 3. Hasil uji asam amino pada pakan ikan.

No	Parameter	AA Esensial Min (IAFFD) (%)	Perlakuan		
			A (Kontrol) (%)	B (Postbiotik Basah) (%)	C (Postbiotik Kering) (%)
AA Esensial					
1	Phenylalanine	1,05	1,25	1,54	1,47
2	Histidine	0,48	0,82	1,05	1,05
3	Lysine	1,43	1,45	1,69	1,77
4	Arginine	1,18	1,73	2,41	2,36
5	Leucine	0,95	2,09	2,61	2,55
6	Valine	0,78	1,23	1,48	1,44
7	Methionine	0,75	0,38	0,45	0,45
8	Threonine	1,05	0,98	1,23	1,15
AA non Esensial					
9	Aspartic Acid	-	2,52	3,25	2,95
10	Serine	-	1,18	1,51	1,38
11	Glutamate	-	4,65	5,66	5,34
12	Glycine	-	1,68	2,07	1,87
13	Alanine	-	1,45	1,76	1,63
14	Ileucine	-	1,00	1,27	1,15
15	Tyrosine	-	0,64	0,60	0,75

Berdasarkan hasil analisis laboratorium Tabel 3, suplementasi postbiotik, baik dalam bentuk sediaan basah maupun kering, terbukti meningkatkan konsentrasi asam amino esensial dan non-esensial pakan dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Ediwarman et al., (2021) menyatakan bahwa aktivitas metabolit mikroba berperan aktif dalam memperkaya profil nutrisi serta mendegradasi kompleksitas protein pakan menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh saluran pencernaan ikan.

Komponen asam amino esensial yang krusial bagi pertumbuhan somatik seperti arginin, lisin, dan histidin menunjukkan peningkatan pada perlakuan postbiotik basah dan kering. Kadar arginin pada perlakuan B meningkat menjadi 2,41% dan pada perlakuan C menjadi 2,36%, sedangkan lisin pada perlakuan A (kontrol) meningkat dari 1,45% menjadi 1,69% pada perlakuan B dan 1,77% pada perlakuan C. Peningkatan kadar lisin memiliki signifikansi fisiologis tinggi karena berperan dalam pembentukan karnitin untuk metabolisme energi, proteksi terhadap cekaman keracunan amonia, serta peningkatan daya tahan tubuh ikan (Maulina & Widaryati, 2020). Selain itu, peningkatan ketersediaan asam amino bebas dan peptida pendek dari hasil dekomposisi metabolit postbiotik mencerminkan efisiensi pemanfaatan protein (*protein sparing effect*) yang optimal (Muneeb et al., 2026). Kondisi ini memastikan bahwa suplai protein pakan diarahkan secara efektif untuk sintesis jaringan otot dan laju pertumbuhan spesifik benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) tanpa membebani organ metabolisme.

Penelitian Lanjutan Tahap II

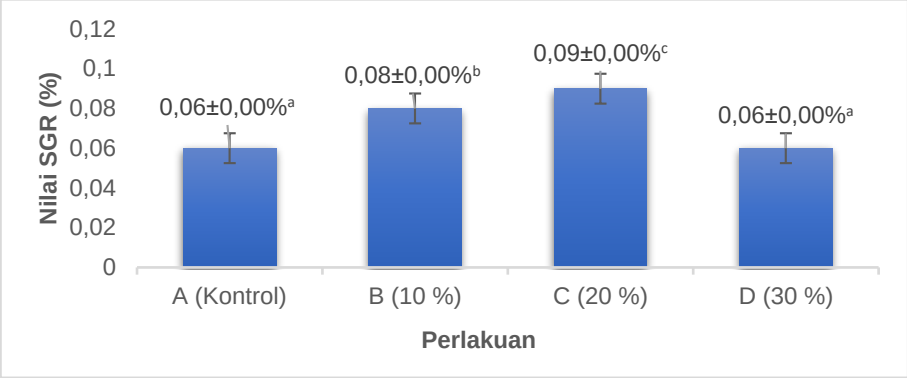
Penelitian ini merupakan lanjutan dari tahap I yang hasil analisisnya menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antara pakan basah dan kering pada dosis 20% terhadap SGR, ABW, ADG, FCR, dan biomassa. Oleh karena itu, tahap II menggunakan pakan kering karena lebih tahan lama, mudah disimpan, dan tidak cepat rusak. Pakan dengan kadar air yang rendah memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap serangan mikroorganisme dan pembusukan karena terbatasnya air bebas yang dibutuhkan mikroba untuk metabolisme dan perkembangbiakan (Aini, 2023). Penelitian tahap II dilakukan menggunakan akuarium untuk menguji efektivitas dan konsistensi penggunaan postbiotik kering sebagai pakan tambahan pada pendederan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Pertumbuhan

Pada penelitian tahap II, parameter pertumbuhan ikan nila yang diukur meliputi laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate* / SGR), *Average Daily Growth* (ADG), pertumbuhan panjang mutlak, *Average Body Weight* (ABW), biomassa, *Feed Conversion Ratio* (FCR), dan tingkat kelangsungan hidup (sintasan).

***Spesific Growth Rate* (SGR)**

Hasil pengamatan dan perhitungan terhadap laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate*/SGR) pada masing-masing perlakuan selama periode pemeliharaan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Spesific Growth Rate* (SGR)

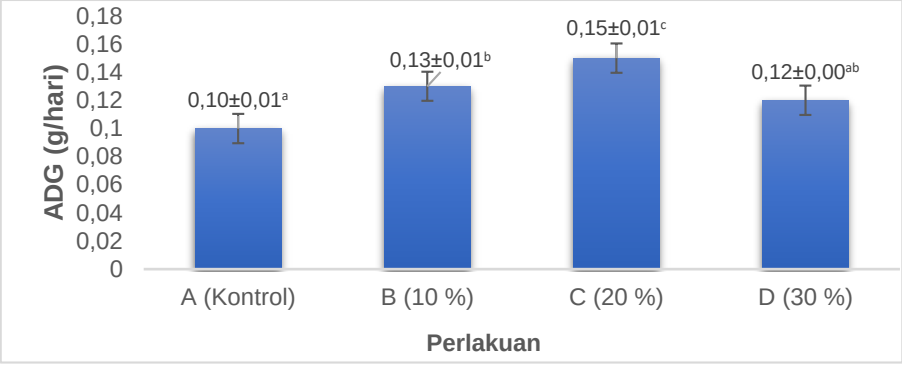
Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 8, nilai laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate* / SGR) ikan nila menunjukkan variasi yang nyata antar perlakuan penambahan postbiotik kering dalam pakan. Perlakuan A menghasilkan nilai SGR terendah, yaitu sebesar $0{,}06 \pm 0{,}00\%$. Nilai SGR mengalami peningkatan secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis suplemen postbiotik pada Perlakuan B sebesar $0{,}08 \pm 0{,}00\%$ dan mencapai nilai tertinggi pada Perlakuan C sebesar $0{,}09 \pm 0{,}00\%$. Namun, pada penambahan dosis yang lebih tinggi yaitu Perlakuan D, nilai SGR kembali menurun menjadi $0{,}06 \pm 0{,}00\%$, yang menunjukkan hasil setara dengan kelompok kontrol.

Peningkatan nilai SGR dari kelompok kontrol hingga dosis optimal (20%) mengindikasikan bahwa suplementasi postbiotik kering mampu memberikan efek positif terhadap efisiensi pemanfaatan nutrisi pakan. Senyawa bioaktif, asam organik, serta metabolit fungsional di dalam postbiotik berperan penting dalam memperbaiki mikroflora saluran pencernaan, meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, serta mengoptimalkan penyerapan nutrisi untuk pertumbuhan jaringan tubuh ikan (Evrendilek, 2026). Hal ini sejalan dengan temuan Ekasari et al., (2023) yang menyatakan bahwa Penambahan postbiotik ke dalam pakan komersial ikan nila secara signifikan dapat meningkatkan performa pertumbuhan, laju pertumbuhan spesifik (SGR), serta efisiensi konversi pakan.

Kendati demikian, penurunan pertumbuhan pada dosis tinggi pada perlakuan D menunjukkan adanya batasan toleransi fisiologis ikan terhadap konsentrasi aditif pakan tertentu. Meskipun penambahan postbiotik memberikan dampak positif, penentuan dosis yang tepat sangat krusial. Pemberian aditif fungsional yang melebihi ambang batas optimal justru dapat memicu kejenuhan metabolik dan ketidakseimbangan mikrobiota usus (*dysbiosis)*. Kondisi ini memaksa ikan mengalokasikan sejumlah besar energi untuk homeostasis dan detoksifikasi, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan efisiensi pemanfaatan energi untuk pertumbuhan (Mulyasari et al., 2016). Fenomena ini didukung oleh Arief et al., (2014), yang melaporkan bahwa efektivitas optimal dari suplementasi postbiotik pada budidaya ikan diperoleh pada kisaran dosis tertentu, di mana dosis yang terlalu tinggi justru menurunkan efisiensi respons biologis dan pencernaan ikan.

***Average Daily Growth* (ADG)**

Hasil pengukuran Laju Pertumbuhan Harian (*Average Daily Growth*/ADG) antar-perlakuan yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas pertumbuhan bobot individu disajikan secara visual pada Gambar 9.



Gambar 9. *Average Daily Growth* (ADG)

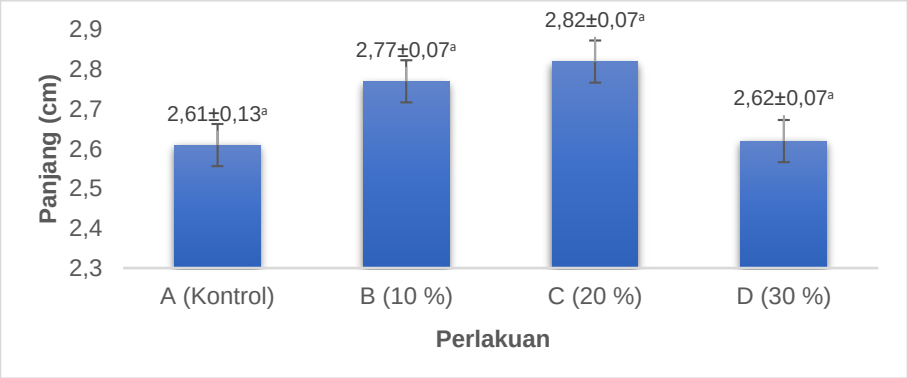
Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 9, nilai laju pertumbuhan harian (*Average Daily Growth* / ADG) ikan nila menunjukkan variasi yang nyata antar perlakuan penambahan postbiotik kering dalam pakan. Perlakuan A menghasilkan nilai ADG terendah, yaitu sebesar $0{,}10 \pm 0{,}01$ g/hari. Nilai ADG mengalami peningkatan secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis suplemen postbiotik pada Perlakuan B sebesar $0{,}13 \pm 0{,}01$ g/hari dan mencapai nilai tertinggi pada Perlakuan C sebesar $0{,}15 \pm 0{,}01$ g/hari. Namun, pada penambahan dosis yang lebih tinggi yaitu Perlakuan D, nilai ADG kembali menurun menjadi $0{,}12 \pm 0{,}00$ g/hari.

Peningkatan nilai ADG dari kelompok kontrol hingga dosis optimal (20%) mengindikasikan bahwa suplementasi postbiotik kering memberikan dampak positif terhadap laju penambahan bobot harian ikan. Metabolit aktif, enzim pencernaan, dan asam organik di dalam postbiotik berperan dalam mengoptimalkan sistem pencernaan, memperbaiki integritas mukosa usus, serta meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi pakan. Hal ini sejalan dengan temuan Ndambuki et al., (2025), yang menyatakan bahwa penambahan aditif berbasis fermentasi mikroorganisme ke dalam pakan komersial ikan nila secara signifikan mampu meningkatkan performa pertumbuhan harian, efisiensi pakan, dan retensi protein.

Kendati demikian, penurunan nilai ADG pada dosis tertinggi perlakuan D menunjukkan adanya batasan toleransi fisiologis ikan terhadap konsentrasi aditif pakan tertentu. Penambahan aditif fungsional yang melebihi batas optimal dapat memicu kejenuhan metabolik atau ketidakseimbangan lingkungan mikrobiota usus, sehingga pemanfaatan nutrisi untuk pertumbuhan jaringan tubuh menjadi kurang efektif (Idam et al., 2026). Fenomena ini didukung oleh Cheng et al., (2026), yang melaporkan bahwa efektivitas maksimal dari suplementasi fungsional pada budidaya ikan diperoleh pada kisaran dosis tertentu, di mana kelebihan dosis justru menurunkan efisiensi respons biologis dan laju pertumbuhan harian ikan.

Pertumbuhan Panjang Mutlak

Hasil analisis nilai Pertumbuhan Panjang Mutlak ikan nila selama masa pemeliharaan menunjukkan adanya perbedaan nilai pertumbuhan panjang mutlak dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pertumbuhan Panjang Mutlak

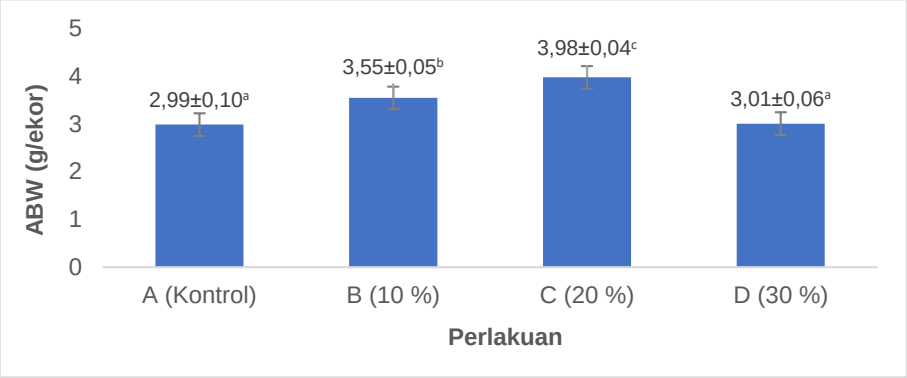
Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 10, nilai pertumbuhan panjang mutlak ikan nila menunjukkan variasi antar perlakuan penambahan postbiotik kering dalam pakan. Perlakuan A menghasilkan nilai pertumbuhan panjang mutlak terendah, yaitu sebesar $2{,}61 \pm 0{,}13$ cm. Nilai pertumbuhan panjang mutlak mengalami peningkatan seiring dengan penambahan dosis suplemen postbiotik pada perlakuan B sebesar $2{,}77 \pm 0{,}07$ cm dan mencapai nilai tertinggi pada perlakuan C sebesar $2{,}82 \pm 0{,}07$ cm. Namun, pada penambahan dosis yang lebih tinggi yaitu perlakuan D, nilai pertumbuhan panjang mutlak kembali mengalami penurunan menjadi $2{,}62 \pm 0{,}07$ cm.

Peningkatan pertumbuhan panjang mutlak dari kelompok kontrol hingga dosis optimal (20%) mengindikasikan bahwa suplementasi postbiotik kering mendukung peningkatan sintesis protein dan pembentukan jaringan tubuh skeletal ikan secara lebih efektif. Kandungan metabolit fungsional di dalam postbiotik membantu memperbaiki penyerapan nutrisi pakan yang esensial bagi pertumbuhan linier ikan. Hal ini sejalan dengan temuan Romeih et al., (2026) serta didukung oleh (Ndambuki et al., 2025), yang menyatakan bahwa pemberian aditif berbasis fermentasi ragi (*yeast-based postbiotics*) pada dosis optimal mampu meningkatkan performa pertumbuhan, pemanfaatan pakan, dan pertumbuhan morfometrik ikan nila secara signifikan.

Kendati demikian, penurunan pertumbuhan panjang mutlak pada perlakuan D menunjukkan adanya batasan respons fisiologis ikan terhadap konsentrasi aditif yang berlebih. Penambahan suplemen yang melampaui batas optimal dapat menurunkan efisiensi metabolisme tubuh, sehingga alokasi energi untuk pertumbuhan jaringan somatik atau panjang tubuh menjadi tidak maksimal. Fenomena ini diperkuat oleh Mohammed et al., (2025), yang menjelaskan bahwa efektivitas optimal aditif fungsional dalam pakan akuakultur memiliki ambang batas tertentu, di mana kelebihan dosis tidak memberikan tambahan manfaat pertumbuhan bahkan cenderung menurunkan efisiensi pemanfaatannya.

***Average Body Weight* (ABW)**

Hasil pengukuran rata-rata bobot mutlak ikan nila (*Average Body Weight* / ABW) selama periode pemeliharaan pada berbagai perlakuan dosis penambahan postbiotik kering dalam pakan disajikan secara visual pada Gambar 11.



Gambar 11. *Average Body Weight* (ABW)

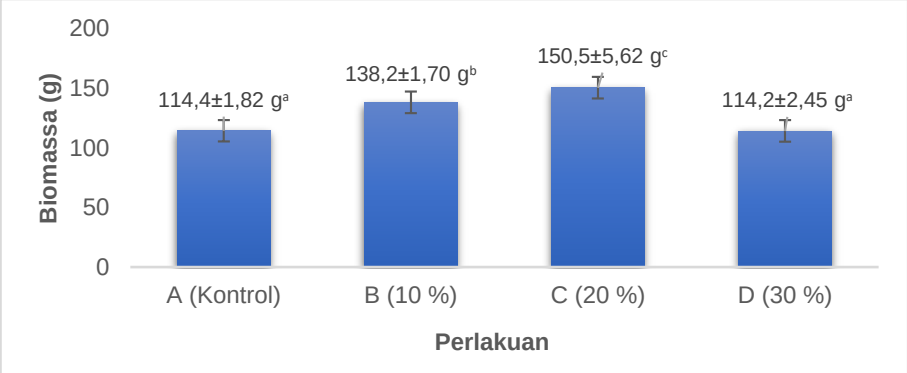
Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 11, nilai rata-rata bobot mutlak (*Average Body Weight* / ABW) ikan nila menunjukkan variasi yang nyata antar perlakuan penambahan postbiotik kering dalam pakan. Perlakuan A menghasilkan nilai ABW terendah, yaitu sebesar $2{,}99 \pm 0{,}10$ g/ekor. Nilai ABW mengalami peningkatan secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis suplemen postbiotik pada perlakuan B sebesar $3{,}55 \pm 0{,}05$ g/ekor dan mencapai nilai tertinggi pada perlakuan C sebesar $3{,}98 \pm 0{,}04$ g/ekor. Namun, pada penambahan dosis yang lebih tinggi yaitu perlakuan D, nilai ABW kembali menurun secara signifikan menjadi $3{,}01 \pm 0{,}06$ g/ekor, yang menunjukkan hasil setara dengan kelompok kontrol.

Peningkatan nilai ABW dari kelompok kontrol hingga dosis optimal (20%) mengindikasikan bahwa suplementasi postbiotik kering mampu mengoptimalkan pemanfaatan nutrien pakan untuk pertumbuhan biomassa tubuh ikan. Metabolit aktif, enzim pencernaan, dan senyawa bioaktif di dalam postbiotik berperan penting dalam memperbaiki struktur mikroflora usus serta meningkatkan daya cerna protein pakan. Pemberian aditif berbasis fermentasi mikroorganisme pada dosis optimal mampu meningkatkan performa pertumbuhan dan akumulasi bobot tubuh ikan nila secara signifikan (Romeih et al., 2026).

Kendati demikian, penurunan nilai ABW pada dosis tertinggi perlakuan D menunjukkan adanya batasan toleransi fisiologis ikan terhadap konsentrasi aditif pakan yang berlebih. Penambahan suplemen yang melampaui batas optimum dapat memicu kejenuhan metabolik atau ketidakseimbangan mikrobiota saluran pencernaan, sehingga efisiensi konversi makanan menjadi jaringan tubuh menjadi menurun. Pemberian aditif fungsional secara berlebihan dapat memberikan dampak stagnasi atau penurunan respons biologis pada organisme akuakultur (Mohammed et al., 2025).

Biomassa

Hasil pengukuran total biomassa ikan nila selama periode pemeliharaan pada berbagai perlakuan dosis penambahan postbiotik kering dalam pakan disajikan secara visual pada Gambar 12.



Gambar 12. Biomassa

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 12, total biomassa ikan nila menunjukkan variasi yang nyata antar perlakuan penambahan postbiotik kering dalam pakan. Perlakuan A menghasilkan nilai biomassa terendah, yaitu sebesar $114{,}4 \pm 1{,}82$ g. Nilai biomassa mengalami peningkatan secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis suplemen postbiotik pada perlakuan B sebesar $138{,}2 \pm 1{,}70$ g dan mencapai nilai tertinggi pada perlakuan C

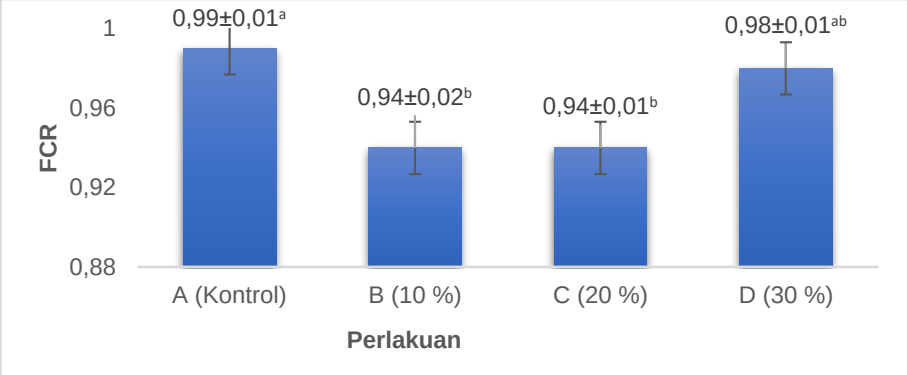
sebesar $150{,}5 \pm 5{,}62$ g. Namun, pada penambahan dosis yang lebih tinggi yaitu perlakuan D, nilai biomassa kembali menurun secara signifikan menjadi $114{,}2 \pm 2{,}45$ g, yang menunjukkan hasil setara dengan kelompok kontrol.

Peningkatan total biomassa dari kelompok kontrol hingga dosis optimal (20%) mengindikasikan bahwa suplementasi postbiotik kering mampu memperbaiki efisiensi retensi nutrisi dan pencernaan pakan secara keseluruhan. Metabolit aktif, asam organik, serta komponen fungsional di dalam postbiotik berperan dalam mengoptimalkan mikroflora usus dan meningkatkan sekresi enzim pencernaan, (Abubakr & Alamin, 2026), sehingga konversi pakan menjadi massa jaringan tubuh ikan menjadi lebih maksimal. Pemberian aditif berbasis fermentasi pada dosis optimal mampu meningkatkan performa pertumbuhan dan total biomassa ikan nila secara signifikan (Ilyas, et al., 2025).

Kendati demikian, penurunan total biomassa pada perlakuan D menunjukkan adanya batasan toleransi fisiologis ikan terhadap konsentrasi aditif pakan yang berlebih. Penambahan suplemen yang melampaui batas optimum dapat memicu kejenuhan metabolik atau ketidakseimbangan lingkungan mikrobiota saluran pencernaan, sehingga pemanfaatan energi pakan untuk pertumbuhan somatik dan akumulasi biomassa menjadi terhambat (Pandawa et al., 2025). Mohammed et al., (2025) menjelaskan bahwa pemberian aditif fungsional secara berlebihan justru memberikan dampak stagnasi atau penurunan respons biologis pada organisme akuakultur.

Feed Conversion Ratio / FCR

Hasil pengukuran nilai konversi pakan (*Feed Conversion Ratio* / FCR) ikan nila selama periode pemeliharaan pada berbagai perlakuan dosis penambahan postbiotik kering dalam pakan disajikan secara visual pada Gambar 13.



Gambar 13. *Feed Conversion Ratio* (FCR)

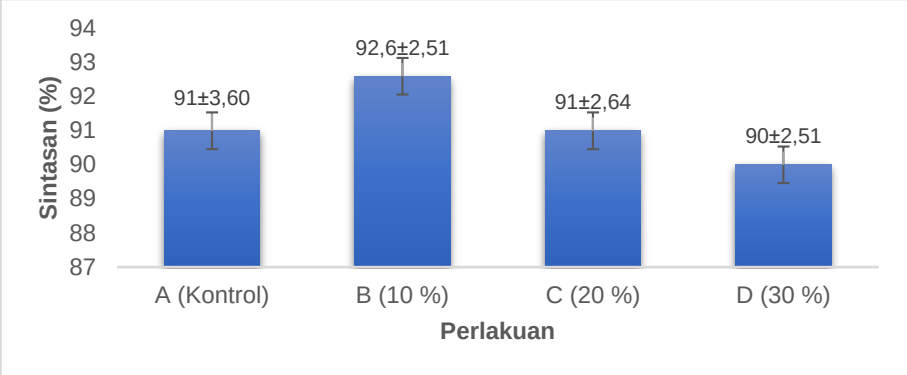
Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 13, nilai rasio konversi pakan (*Feed Conversion Ratio* / FCR) ikan nila menunjukkan variasi yang nyata antar perlakuan penambahan postbiotik kering dalam pakan. Perlakuan A menghasilkan nilai FCR tertinggi, yaitu sebesar $0{,}99 \pm 0{,}01$. Nilai FCR mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis suplemen postbiotik pada Perlakuan B sebesar $0{,}94 \pm 0{,}02$ dan mencapai nilai terendah (terbaik) pada Perlakuan C sebesar $0{,}94 \pm 0{,}01$. Namun, pada penambahan dosis yang lebih tinggi yaitu Perlakuan D, nilai FCR kembali meningkat menjadi $0{,}98 \pm 0{,}01$, yang menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kelompok kontrol.

Penurunan nilai FCR dari kelompok kontrol hingga dosis optimal (20%) mengindikasikan bahwa suplementasi postbiotik kering mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan secara signifikan, di mana semakin rendah nilai FCR menunjukkan efisiensi pakan yang semakin baik (Angul et al., 2025). Senyawa metabolit aktif, enzim pencernaan, dan asam organik di dalam postbiotik berperan penting dalam memperbaiki penyerapan nutrien di saluran pencernaan ikan. Hal ini sejalan dengan temuan Ilyas et al., (2025) menyatakan bahwa penambahan aditif berbasis fermentasi pada dosis optimal mampu memperbaiki efisiensi konversi pakan dan menurunkan nilai FCR pada budidaya ikan nila.

Kendati demikian, peningkatan kembali nilai FCR pada perlakuan D menunjukkan adanya batasan toleransi fisiologis ikan terhadap konsentrasi aditif pakan yang berlebih. Penambahan suplemen yang melampaui batas optimum dapat memicu kejenuhan metabolik atau ketidakseimbangan mikrobiota usus, sehingga pemanfaatan nutrisi pakan menjadi kurang efisien dan meningkatkan kembali rasio konversi pakan (Poolsawat et al., 2020).

Sintasan (*Survival Rate*/ SR)

Hasil pengamatan terhadap tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate*/SR) biota uji pada setiap perlakuan selama masa pemeliharaan disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Sintasan (*Survival Rate*/SR)

Berdasarkan grafik pada Gambar 14, nilai kelangsungan hidup (*Survival Rate*/SR) biota uji pada seluruh perlakuan berada pada kategori sangat baik dengan rentang antara $90\% \pm 2{,}51$ hingga $92{,}6\% \pm 2{,}51$. Perlakuan B menunjukkan nilai kelangsungan hidup tertinggi yaitu sebesar $92{,}6\% \pm 2{,}51$, diikuti oleh perlakuan A sebesar $91\% \pm 3{,}60$ dan perlakuan C sebesar $91\% \pm 2{,}64$, sedangkan perlakuan D menghasilkan nilai sintasan terendah sebesar $90\% \pm 2{,}51$.

Tingginya nilai sintasan di atas 90% pada seluruh perlakuan mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan tidak memberikan efek toksik akut atau stres mekanis berlebih yang berpotensi memicu kematian massal. Menurut Yusoff et al., (2020), tingkat kelangsungan hidup organisme akuatik dapat dipengaruhi oleh faktor internal (seperti daya tahan tubuh dan bobot awal) serta faktor eksternal (seperti kualitas air, manajemen pakan, dan lingkungan pemeliharaan). Tingkat kelangsungan hidup di atas 80% dalam kegiatan budidaya atau penelitian akuakultur tergolong sangat baik (*good performance*) (Haspiani, et al., 2024).

Peningkatan sintasan pada perlakuan B jika dibandingkan dengan perlakuan A duga disebabkan oleh pemberian bahan uji/pakan tambahan dengan dosis optimum 10% yang mampu meningkatkan imunitas atau menunjang metabolisme tubuh biota uji secara maksimal. Namun, terjadi penurunan nilai sintasan pada perlakuan dengan dosis yang lebih tinggi, yaitu perlakuan C dan perlakuan D. Penurunan ini mengindikasikan bahwa pemberian dosis di atas 10% tidak lagi memberikan efek peningkatan yang signifikan, dan pada tingkat 30% mulai mendekati ambang batas toleransi biota uji. Menurut prinsip dosis-respon (Kassahn et al., 2007), pemberian suatu bahan aktif yang melebihi konsentrasi optimal dapat menyebabkan energi organisme teralih untuk proses pemulihan homeostasis tubuh (*metabolic cost*), sehingga mempengaruhi tingkat kelangsungan hidupnya (Cardona et al., 2024).

Selain faktor dosis perlakuan, terjaganya sintasan yang tinggi pada semua wadah pemeliharaan juga dipengaruhi oleh stabilitas parameter kualitas air (seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut) yang berada pada kisaran toleransi optimal biota uji (Emam et al., 2025). Secara keseluruhan, perlakuan B dengan konsentrasi 10% merupakan dosis terbaik untuk mendukung tingkat kelangsungan hidup biota uji.

Kualitas Air

Parameter kualitas air media pemeliharaan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama penelitian dijaga dan diukur secara berkala untuk memastikan berada pada kisaran optimal bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan. Data hasil pengukuran parameter kualitas air disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran parameter kualitas air

Parameter	Satuan	Kisaran Hasil Pengukuran	Baku Mutu*	Alat Ukur/Metode
Suhu	^{o}C	28,0 – 30,5	35 – 32	Thermometer
pH	-	7,0 – 8,0	6,6 – 8,5	pH Meter Digital
Oksigen Terlarut (DO	Mg/L	5,5 – 7,0	>5,0	DO Meter Digital
Amonia (NH_3)	Mg/L	0,01 – 0,03	<0,1	Spektrofotometer

*Baku mutu berdasarkan SNI 7550:2009

Kualitas air merupakan faktor penentu utama yang sangat memengaruhi proses fisiologis, tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate*), serta laju pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) karena berfungsi sebagai media hidup utama. Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas air yang disajikan pada Tabel 4, seluruh parameter fisik dan kimia media pemeliharaan masih berada pada kisaran optimal dan memenuhi baku mutu berdasarkan SNI 7550:2009. Hasil pengukuran suhu air selama pemeliharaan berkisar antara 28,0–30,5 °C. Suhu

merupakan parameter kunci yang mengendalikan laju metabolisme, aktivitas pencernaan, serta nafsu makan ikan. Kondisi ini didukung oleh Pramudya et al., (2024), yang menyatakan bahwa suhu air yang ideal untuk pemeliharaan ikan nila berkisar antara 26 – 30 °C, di mana kisaran tersebut mampu mengoptimalkan kelarutan oksigen serta mempercepat proses metabolisme tubuh ikan sehingga mendukung pertumbuhan secara maksimal. Selain itu, nilai derajat keasaman (pH) perairan yang diperoleh selama pengamatan berada pada kisaran 7,0–8,0, yang menunjukkan kondisi perairan yang stabil, netral cenderung basa ringan, serta memenuhi standar baku mutu 6,5–8,5. Tingkat keasaman (pH) pada rentang tersebut sangat aman bagi kelangsungan hidup ikan karena mencegah ikan mengalami stres osmotik, menjaga keseimbangan asam-basa dalam darah, serta menghindarkan ikan dari kerentanan terhadap infeksi penyakit (Emam et al., 2025).

Konsentrasi oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* / DO) dalam media pemeliharaan tercatat pada kisaran 5,5–7,0 mg/L, yang melampaui batas minimum baku mutu (>5,0 mg/L). Kadar oksigen terlarut (DO) yang tinggi dan berada dalam kisaran optimal menunjukkan bahwa ketersediaan oksigen di media pemeliharaan cukup untuk memenuhi kebutuhan respirasi organisme. Ketersediaan oksigen yang memadai mendukung respirasi aerobik dan proses metabolisme energi, sehingga dapat menunjang aktivitas fisiologis, pemanfaatan nutrien, serta pertumbuhan organisme(Ott, et al., 2025). Ketersediaan oksigen yang optimal memastikan ikan tidak mengalami stres akut yang dapat berakibat pada penurunan nafsu makan dan hambatan pertumbuhan. Sementara itu, kadar amonia bebas (NH_3) yang terukur di dalam media pemeliharaan berkisar antara 0,01–0,03 mg/L, yang berada jauh di bawah ambang batas maksimum baku mutu (<0,1 mg/L). Rendahnya konsentrasi amonia ini mengindikasikan bahwa sisa metabolisme ikan dan bahan organik terurai dengan baik tanpa mencemari lingkungan perairan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Metwaly et al., (2025), yang menyebutkan bahwa pengelolaan kualitas air yang baik dapat membantu mempertahankan konsentrasi amonia pada tingkat yang relatif rendah sehingga mengurangi risiko toksisitas terhadap benih ikan nila. Secara keseluruhan, parameter kualitas air yang terkontrol dengan baik ini memberikan lingkungan mikro yang kondusif bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan nila selama masa pemeliharaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan postbiotik dalam pakan berpengaruh terhadap performa pertumbuhan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada fase pendederan. Pada penelitian tahap I, penambahan postbiotik basah maupun kering pada dosis 20% mampu meningkatkan performa pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan dibandingkan perlakuan kontrol, sedangkan kedua bentuk postbiotik tersebut tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap parameter pertumbuhan yang diamati. Hasil tersebut menjadi dasar penggunaan postbiotik kering pada penelitian tahap II karena memiliki keunggulan dalam penyimpanan dan daya simpan.

Pada penelitian tahap II, dosis postbiotik kering 20% menghasilkan respons pertumbuhan terbaik. Perlakuan tersebut menghasilkan SGR sebesar 0,09±0,00%, ADG sebesar 0,15±0,01 g/hari, serta nilai FCR sebesar 0,94±0,02. Biomassa juga meningkat hingga 150,5±5,62 g pada dosis 20%, sedangkan pemberian dosis 30% menyebabkan penurunan kembali performa pertumbuhan dan biomassa sehingga menunjukkan adanya batas respons terhadap peningkatan dosis postbiotik. Dengan demikian, penggunaan postbiotik kering sebesar 20% dalam pakan merupakan dosis yang menghasilkan respons pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan yang optimal pada kondisi penelitian ini. Pemberian postbiotik tidak memberikan pengaruh negatif terhadap kelangsungan hidup benih ikan nila, sementara kondisi kualitas air selama pemeliharaan berada dalam kisaran yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Ahli Usaha Perikanan yang telah memberikan dukungan fasilitas dan kesempatan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknologi Akuakultur serta seluruh pihak yang telah membantu dalam proses persiapan, pelaksanaan penelitian, pengumpulan data, hingga penyusunan manuskrip ini. Penulis juga mengapresiasi segala bentuk dukungan dan kerja sama yang diberikan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Abubakr, A., & Alamin, A. (2026). Postbiotic and Parabiotic Feed Additives in Livestock and Poultry Nutrition: Review on Mechanisms, Health Effects, and Performance Outcomes. *Malaysian Society of Animal Production*, *29(1)*, 11–48.

Aini, N. (2023). Kajian Dampak Proses Produksi Pakan Ternak Terhadap Lingkungan Pada Pt. Charoen Pokphand Indonesia- Plant Balaraja Dengan Menggunakan Life Cycle Assessment (Lca). *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, *12*(2), 154–162.

https://doi.org/10.31186/naturalis.12.2.23049

Alvanou, M. V., Feidantsis, K., Staikou, A., Apostolidis, A. P., Michaelidis, B., & Giantsis, I. A. (2023). Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics Utilization in Crayfish Aquaculture and Factors Affecting Gut Microbiota. *Microorganisms*, *11*(5). https://doi.org/10.3390/microorganisms11051232

Amal, M., Ekasari, J., Br Tarigan, N., Jusadi, D., & Setiawati, M. (2026). Evaluation of feeds with different NSP levels on digestive enzyme activity, intestinal histology, and digestibility of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus)*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, *25*(2), 247–259. https://doi.org/10.19027/jai.25.2.247-259

Angul, B. G., Tobuku, R., & Tjendanawangi, A. (2025). Pengaruh Pakan Berbasis Tepung Daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) Terfermentasi dan Tepung Bekicot (*Achatina fulica*) terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *JVIP*, *6*(November), 20–26.

Arief M, N, F., & S, S. (2014). Pengaruh pemberian probiotik berbeda pada pakan komersial terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan lele sangkuriang (*Clarias* sp.). *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, *6*(1), 5.

Asefa, Z., Belay, A., Welelaw, E., & Haile, M. (2025). Postbiotics and their biotherapeutic potential for chronic disease and their feature perspective: a review. *Frontiers in Microbiomes*, *4*, 1489339. https://doi.org/10.3389/FRMBI.2025.1489339/FULL

Aulia. (2025). Kandungan Protein Berbeda Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, *2*(3), 13–20.

Baihaqi, R. H., Haeruddin, & Prakoso, K. (2024). Analisis Hubungan Kualitas Air Tambak Terhadap Laju Relationship Analysis Between Pond Water Quality To Growth Rate. *Pasir Laut*, *8*(2), 63–70.

Cardona, E., Segret, E., Heraud, C., Roy, J., Vigor, C., Gros, V., Reversat, G., Sancho-Zubeldia, B., Oger, C., Durbec, A., Bertrand-Michel, J., Surget, A., Galano, J. M., Corraze, G., Cachelou, Y., Marchand, Y., Durand, T., Cachelou, F., & Skiba-Cassy, S. (2024). Adverse effects of excessive dietary arachidonic acid on survival, PUFA-derived enzymatic and non-enzymatic oxylipins, stress response in rainbow trout fry. *Scientific Reports*, *14*(1), 1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-024-63173-x

Chandravanshi, S., Chandran, S., Sahil, S., & Mogalekar, H. (2024). *Handbook of Sustainable Aquaculture and Fisheries "Handbook of Sustainable Aquaculture and Fisheries" offers a comprehensive 9789358496425 Handbook of Sustainable Aquaculture and Fisheries Sahil Sustainable Aquaculture and Fisheries* (Vol. 5, Issue 340). www.elitepublishing.in

Cheng, Z., Wang, Q., Lei, K., Yao, R., Li, Y., Xu, L., & Wang, Q. (2026). Positive effects of dietary postbiotics on growth, intestinal health, immunity, and ammonia nitrogen tolerance in hybrid grouper (Epinephelus fuscoguttatus ♀ × Epinephelus lanceolatus ♂). *Comparative Immunology Reports*, *10*(November 2025), 200264. https://doi.org/10.1016/j.cirep.2025.200264

Dahmouni, S., Benabdelmoumene, D., Bengharbi, Z., Fodil, M. K., Umar, K. M., Qadi, W. S. M., Krache, F., Waqar, M., Tong, X., Han, R., Abu Bakar, Z. H., Sarian, M. N., Mediani, A., Jam, F. A., & Hamezah, H. S. (2026). Postbiotics and paraprobiotics in food biochemistry mechanisms stability and nutritional applications. *Npj Science of Food*, *10*(1). https://doi.org/10.1038/s41538-026-00838-z

Delgado, D. L. C., Costa, J. I. da, & Garcia, F. (2024). Economic Analysis of Red Tilapia (Oreochromis sp.) Production Under Different Solar Energy Alternatives in a Commercial Biofloc System in Colombia †. *Fishes*, *9*(12), 1–18. https://doi.org/10.3390/fishes9120505

Ediwarman, E., Syahrizal, S., & Panigoro, N. (2021). Penggunaan Metionin dan Lisinpada Pakan Mandiri Berbasis Bahan Baku Lokal Terhadap Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Pada Pembesaran Ikan Patin Siam (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, *6*(1), 9. https://doi.org/10.33087/akuakultur.v6i1.85

Ekasari, J., Mirza, V. N., Fauzi, I. A., Hashimoto, K., & Suprayudi, M. A. (2023). Evaluation of Growth and Health Performance of Juvenile Tilapia Oreochromis sp. Fed with Various Supplementation of Heat-Killed Lactobacillus plantarum. *Aquaculture Nutrition*, *2023*. https://doi.org/10.1155/2023/8860364

Emam, W., Lambert, H., & Brown, C. (2025). The welfare of farmed Nile tilapia: a review. *Frontiers in Veterinary Science*, *12*(7). https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1567984

Evrendilek, G. A. (2026). Postbiotics and Phytogenics as Functional Feed Additives: Impact on Gut Health and Growth Performance. *Applied Sciences (Switzerland)*, *16*(3), 1–26. https://doi.org/10.3390/app16031518

Fachri, M., Amoah, K., Huang, Y., Cai, J., Alfatat, A., Ndandala, C. B., Shija, V. M., Jin, X., Bissih, F., & Chen, H. (2024). Probiotics and paraprobiotics in aquaculture: a sustainable strategy for enhancing fish growth, health and disease prevention-a review. *Frontiers in Marine Science*, *11*(December), 1–28. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1499228

Febriati, N., Hidayati, S., Yustiana, A., Arafah, I. O., & Juniarti, R. (2025). *Analisis Peramalan Produksi Ikan Nila pada Industri*. *4*(1), 32.

Fernanda, D. A., & Hariani, D. (2021). Pemberian Sinbiotik dan Enzim dengan Berbagai Konsentrasi pada Pakan

terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila GIFT (*Oreochromis* sp.). *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, *9*(3), 239–249. https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n3.p239-249

Fitriani, A., Sukarti, K., & Agustina, A. (2024). Jumlah Bakteri Asam Laktat Dalam Usus, Pertumbuhan dan Pemanfaatan Pakan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Dengan Penambahan Tepung Kulit Nanas (*Ananas comosus*) Dalam Pakan. *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, *9*(2), 232. https://doi.org/10.33087/akuakultur.v9i2.205

Gazali Al, M. H., Rasidun, L. O., & Zaeni, A. (2024). Pembuatan Pakan Ikan Nila Merah (*Oreochromis* sp.) dengan Metode Substitusi Pakan Komersial Menggunakan Tepung Daun Kelor. *Arus Jurnal Sains Dan Teknologi*, *2*(2), 641–646. https://doi.org/10.57250/ajst.v2i2.1011

Gomez, O. P., Benitez, S. R., Maqueda, M. D., Cerezo, I. M., Galafat, A., Manzanares, E. M.-, Mancera, J. M., López, F. J. A., Márquez, J. G., Moriñigo, M. Á., & Arijo, S. (2025). Dietary Administration of Postbiotics from Vibrio proteolyticus DCF12.2 Enhanced Intestinal Integrity, Microbiota, and Immune Response in Juvenile Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). *Animals*, *15*(13), 1–20. https://doi.org/10.3390/ani15131982

Gompi, W., Sambali, H., Kalesaran, O., Ngangi, E., Mudeng, J., & Mingkid, W. (2023). Studi kasus rasio konversi pakan (FCR) di tambak intensif udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) CV. Sinar Limunga. *E-Journal Budidaya Perairan*, *4*(1), 1–23.

Gufe, C., Merrifield, D. L., Hoseinifar, S. H., Rattanarojpong, T., Khunrae, P., & Abdel-Tawwab, M. (2023). Prebiotic effects of dietary xylooligosaccharides on fish gut microbiota, growth, and immunological parameters - a review. *Annals of Animal Science*, *24*(2), 331–347. https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0069

Haspiani, H., Megawati, M., & Abdullah, A. (2024). Pengelolaan Kualitas Air Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) di PT. Benur Top De Heus Askra.pdf. *Manfish:Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Peteranakan*, *2*(2), 97–106.

Idam, M. I., Tjendanawangi, A., & Djonu, A. (2026). Efektivitas Probiotik Probio 7 Terhadap Pertumbuhan Ikan Bandeng *(Chanos chanos)* . *Journal of Fish Nutrition*, *6*(3), 224–237. https://doi.org/10.29303/jfn.v6i3.10786

Ilyas, A. P., Astutiwati, & Fahruddin, M. (2025). Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (Oreochromis niloticus) dengan Pemberian Pakan Kombinasi Pelet dan Lemna (*Lemna perpusilla*). *Journal of Fish Nutrition*, *5*(2), 178–185. https://doi.org/10.29303/jfn.v5i2.8939

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

Iskandar, A., Amalia, D., Aji, H. S., Hendriana, A., & Darmawangsa, G. M. (2021). Optimalisasi Pembenihan Ikan Koi Cyprinus rubrofuscus di Mina Karya Koi, Sleman, Yogyakarta. *SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science*, *3*(1), 154–159. https://doi.org/10.31605/siganus.v3i1.1029

Juanda, Djamil, H., Saragih, F. S., & Susanti, A. (2025). Optimization of US Soybean Meal for Growth Performance of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Compared to Commercial Feed on Lake Toba, North Sumatera, Indonesia. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, *14*(1), 122–131. https://doi.org/10.20473/jafh.v14i1.61274

Krettiawan, H., Syofriani, S., Ulfauza, U., Nazar, F., Mesenu, M., Yernawilis, Y., Ridwan, R., & Soenarto, S. (2026). Suplementasi Kombucha melalui Penyemprotan Pakan pada Pembesaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)*, *6*(2), 65. https://doi.org/10.35726/jvip.v6i2.7542

Kusuma, M. A., Rachmawati, D., & Sarjito, S. (2022). Pengaruh asam amino lisin pada pakan buatan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan, pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan baung (*Mystus nemurus*). *Sains Akuakultur Tropis*, *6*(2), 216–225. https://doi.org/10.14710/sat.v6i2.14144

Limbong, I. K., Martini, N. N. D., Korinus, A., & Marantik, M. (2026). Growth Performance Of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Fed A Diet Supplemented With Synbiotics (*Lactobacillus* spp. x Ipomoea batatas L.) At Different Doses). *Journal of Indonesian Tropical Fisheries (JOINT-FISH):*, *9*(1), 104–114. https://doi.org/10.33096/jxwmar28

Linh, N. V., Khang, L. T. P., Permpoonpattana, P., & Dinh-Hung, N. (2026). Postbiotics and Paraprobiotics as Next-Generation Gut Microbiome Modulators in Sustainable Aquaculture Health. *Antibiotics*, *15*(9), 887. https://doi.org/10.3390/antibiotics15090887

Manik, R. R. D. S., & Arleston, J. (2021). Nutrisi dan pakan ikan. In *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.*

Maulina, Y., & Widaryati, R. (2020). Pengaruh Penambahan Lisin pada Pakan Komersial Terhadap Pertumbuhan, dan Efisiensi Pemanfaatan Pakan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, *9*(2), 80–87.

Metwaly, S., Nasr, H., Ahmed, K., & Fathi, M. (2025). Multifaceted stress response in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings: integrative analysis of salinity, ammonia, and stocking density effects on growth, physiology, and gene expression. *Fish Physiology and Biochemistry*, *51*(1), 1–10.

https://doi.org/10.1007/s10695-025-01462-6

Mishra, B., Mishra, A. K., Mohanta, Y. K., Yadavalli, R., Agrawal, D. C., Reddy, H. P., Gorrepati, R., Reddy, C. N., Mandal, S. K., Shamim, M. Z., & Panda, J. (2024). Postbiotics: the new horizons of microbial functional bioactive compounds in food preservation and security. *Food Production, Processing and Nutrition*, *6*(1). https://doi.org/10.1186/s43014-023-00200-w

Mohammed, A. A., Aslamyah, S., Zainuddin, Z., & Djawad, M. I. (2025). View of Enhancing Aquaculture through Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics in Nile Tilapia Farming.pdf. *Journal of Fisheries and Envirinment*, *49*(1), 75–93.

Muchlisin, Z. A., Arisa, A. A., Muhammadar, A. A., Fadli, N., Arisa, I. I., & Siti-Azizah, M. N. (2016). Growth performance and feed utilization of keureling (*Tor tambra*) fingerlings fed a formulated diet with different doses of vitamin E (*alpha-tocopher*ol). *Archives of Polish Fisheries*, *24*(1), 47–52. https://doi.org/10.1515/aopf-2016-0005

Mulyasari, Widanarni, Suprayudi, M. A., Zairin, M., & Sunarno, M. T. D. (2016). Screening of probiotics from the digestive tract of gouramy (*Osphronemus goramy*) and their potency to enhance the growth of tilapia (Oreochromis niloticus). *AACL Bioflux*, *9*(5), 1121–1132.

Muneeb, M., Alawam, A. S., Batool, S., Saif, N., Arif, A., Fatima, A., Fatima, M., Ahmad, S., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Abbas, K. S., & Alagawany, M. (2026). Nutritional and functional feed additives in fishes: A comprehensive review. *Aquaculture Reports*, *48*(October 2025), 103615. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2026.103615

Ndambuki, N. M., Ogweny, V. O., Maina, J. G., Karanja, D. N., Njeru, N. P., Muthoka, M., Mohan, C. V., & Saraya, T. (2025). Effects of Saccharomyces cerevisiae postbiotics on growth performance and feed utilization of Nile Tilapia fingerlings. *East African Journal of Science, Technology and Innovation*, *7*(1). https://doi.org/10.37425/ygz6nj77

Ott, B. D., Chisolm, D. O., & Perera, T. (2025). Effect of dissolved oxygen and aeration management on nitrification in catfish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, *56*(6), 1–16. https://doi.org/10.1111/jwas.70070

Pandawa, T. D., Rahardjo, S., & Nurhudah, M. (2025). Pengaruh Penambahan Serbuk Kunyit Dan Temulawak Pada Media Kultur Terhadap Peningkatan Kualitas Cacing Sutera (*Tubifex* sp.). *Jurnal Riset Akuakultur*, *20*(1), 89–101. https://doi.org/10.15578/jra.20.1.2025.89-101

Pangkey, H. (2011). Peranan Protein Untuk Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). In *Warta WIPTEK* (Issue 37).

Poolsawat, L., Li, X., He, M., Ji, D., & Leng, X. (2020). Clostridium butyricum as probiotic for promoting growth performance, feed utilization, gut health and microbiota community of tilapia (*Oreochromis niloticus aureus*). *Aquaculture Nutrition*, *26*(3), 657–670. https://doi.org/10.1111/ANU.13025;

Pramudya, R. H., Safangaturrokhmah, A., & Alhafidza, N. H. (2024). Kesesuaian Kualitas Air Pada Kolam Pembesaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Pokdakan Berkah Randu Alas, Panembangan, Cilongok. *Jurnal Maiyah*, *3*(4), 303. https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2024.3.4.14001

Prasetiyo, H., Marnani, S., & Sukardi, P. (2020). Mikroenkapsulasi Ekstrak Kasar Maggot Sebagai Pakan Substitusi Pada Penyapihan Pakan Larva Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*). *Jurnal Kemaritiman : Indonesian Journal of Maritime*, *1*(2), 65–74.

Pratama, A. E., Lumbessy, S. Y. Y., & Azhar, F. (2021). Pengaruh Pemberian Pakan Komersial Dengan Campuran Recombinant Growth Hormone (rGH) Pada Budidaya. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, *14*(2), 164–174. https://doi.org/10.21107/jk.v14i2.9719

Purnama, D., Hasan, U., & Syafitri, E. (2024). Pengaruh Penambahan Ampas Tahu pada Pakan Komersial serta Feeding Rate berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila Nirwana (O*reochromis Niloticus*). *Jurnal Aquaculture Indonesia*, *3*(2), 119–129. https://doi.org/10.46576/jai.v3i2.4823

Putra, I., Pamukas, N. A., Suharman, I., Masjudi, H., & Darfia, E. (2022). Performa pertumbuhan ikan nila merah,. *Jurnal Riset Akuakultur*, *17*(1), 15–21. http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra

Romeih, N. M. A., Mahmoud, M. M., El Sherry, Y. M. I., Eltayeb, A. M., Abdallah, A., Mahmoud, A. M., Albano, M., Osman, A. G. M., & Abdallah, E. S. H. (2026). Effects of Saccharomyces cerevisiae Postbiotic on Growth Performance, Selected Immune and Antioxidant Gene Expression, and Resistance to Fusarium oxysporum Infection in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Biology*, *15*(17), 1445. https://doi.org/10.3390/biology15171445

Setiyowati, D., Aryono, B., Zainuddin, M., Puspita, M., & Andrean, A. R. (2022). Pemanfaatan Sargassum sp. secara Enzimatik dalam Pakan terhadap Konsumsi Pakan, Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Pertumbuhan Ikan Nila Salin (*Oreochromis* sp.). *Journal of Marine Research*, *11*(3), 521–528. https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.35006

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

SNI 7550:2009 "Produksi Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus Bleeker*) Kelas Pembesaran Di Kolam Air Tenang," Badan Standardisasi Nasional (2009).

Takdir, Riskayanti, & Tuljannah, N. (2025). Effect of Feeding Frequency on the Growth Rate of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Pengaruh Frekuensi Pemberian Pakan Terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreocromis niloticus*). *Jurnal Riset Kelautan Dan Perikanan*, *1*(1), 15–21.

Widyatmoko, Effendi, H., & Pratiwi, N. T. M. (2019). Pertumbuhan dan Sintasan Ikan Nila, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) pada Sistem Akuaponik dengan Padat Tanaman Vetiver (Vetiveria zizanioidesL. Nash) yang Berbeda. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, *19*(1), 157–166.

Wisastra, S. R., Wulandari, D., Setiarto, R. H. B., Budiharjo, A., Soowannayan, C., Lani, M. N., & Haditomo, A. H. C. (2025). The Application of Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, Postbiotics and Parabiotics in Aquaculture. *Reviews in Agricultural Science*, *13*(3), 15–44.

Yaslikan, N. M., Yaminudin, J., Rasdi, N. W., & Karim, M. (2023). Microfeed Incorporated with Probiotic for Aquaculture: A Review. *World's Veterinary Journal*, *13*(4), 595–605. https://doi.org/10.54203/SCIL.2023.WVJ64

Yusoff, F. M., Umi, W. A. D., Ramli, N. M., & Harun, R. (2020). Water Quality Management in Aquaculture. *Cambridge University Press*, 119–134. https://doi.org/10.1201/9781003111689-13

Zhan, Z., Tang, H., Zhang, Y., Huang, X., & Xu, M. (2022). Potential of gut-derived short-chain fatty acids to control enteric pathogens. *Frontiers in Microbiology*, *13*(September), 1–12. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.976406