

# Improving the Efficiency of Formulated Feed by Probiotic Addition in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Peters, 1852) Aquaculture

(Peningkatan Efisiensi Pakan Mandiri Melalui Penambahan Probiotik pada Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Peters, 1852))

Hasnidar <sup>1✉</sup>, Andi Tamsil <sup>1</sup>, Muhammad Saenong <sup>1</sup>, Muhammad Ishak Zidiq <sup>2</sup>, dan Andi Muh. Akram <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: [hasnidar.yasin@umi.ac.id](mailto:hasnidar.yasin@umi.ac.id)

## Article Info:

Received : 04 April 2025

Accepted : 19 Mei 2025

Online : 20 Mei 2025

## Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

## Keyword :

Tilapia, self-feed, Probiotics, Dosage.

## Corresponding Author :

Hasnidar  
Universitas Muslim  
Indonesia, Makassar,  
Indonesia

## Email :

[hasnidar.yasin@umi.ac.id](mailto:hasnidar.yasin@umi.ac.id)

## Abstract

Feed is the largest cost component in tilapia aquaculture, and feed efficiency is critical to increase profitability for farmers. The addition of probiotics in independent feed has the potential to increase feed efficiency by improving digestibility, growth, fish health, and water quality. This study aimed to evaluate the efficiency of probiotic addition through self-feeding on growth, feed conversion, and survival. The study was conducted in an intensive aquaculture system using tilapia fish weighing  $3.534 \pm 0.521$  g. The fish were reared in aquariums of size 600. Fish were kept in an aquarium measuring 600 x 295 x 365 mm with a water volume of 40 liters. Independent feed preparation with ingredients: broom fish meal, soybean meal, bran, copra meal, starch, vitamins. Independent feed (self-made) was added with *Bacillus* spp. based probiotics at different doses, namely treatment A without probiotics; B dose 2; C dose 3 and D dose 4 ml/kg feed. The feeding dose was 5%/body weight and the frequency of feeding was twice a day. Parameters observed included absolute growth, daily growth rate, feed conversion ratio (FCR), survival rate, and number of red and white blood cells. Data were analyzed by ANOVA and Duncan's further test. The results showed that the addition of probiotics to independent feed significantly improved feed efficiency, characterized by lower FCR values and higher SGR compared to the control. The treatment of probiotic dose of 2 ml/kg feed gave the best results.



Copyright©2025, Hasnidar, Andi Tamsil, Muhammad Saenong, Muhammad Ishak Zidiq, Andi Muh. Akram

## I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) telah menjadi salah satu kegiatan perikanan yang penting di banyak negara, termasuk Indonesia. Ikan nila dikenal sebagai ikan yang memiliki pertumbuhan cepat, toleransi tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan permintaan

pasar yang stabil dan harga jual yang tinggi (Wu et al. 2021). Ikan nila dapat mencapai ukuran 600-900 g dalam waktu enam bulan (Yue et al. 2016); berkembang biak atau dewasa waktu 2-3 bulan dan fekunditas 75 – 1000 butir dengan frekuensi 22 – 40 hari (Arumugam et al. 2023), mentolerir tekanan osmotik dan alkalinitas serta konsentrasi

oksigen terlarut yang rendah. Karena pertumbuhan yang cepat dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang rendah maka memiliki biaya produksi yang relatif rendah (Prabu et al. 2019).

Tantangan utama dalam budidaya ikan nila adalah menjaga kesehatan ikan dan meningkatkan efisiensi produksi, terutama dalam hal pakan yang merupakan komponen biaya terbesar dalam budidaya ikan (Burad-Méndez et al. 2023; Wang and Lu 2015). Pemberian pakan yang tepat sangat penting untuk pertumbuhan dan kesehatan ikan (Lovell et al. 1993). Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan probiotik dalam pakan ikan telah menjadi topik penelitian yang menarik perhatian banyak ahli perikanan (Wu et al. 2021). Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang apabila diberikan dalam jumlah yang memadai, memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya (Arumugam et al. 2023; Wuertz et al. 2021) Dalam konteks budidaya ikan, probiotik dapat meningkatkan keseimbangan mikroflora usus, meningkatkan pencernaan dan penyerapan nutrisi, serta meningkatkan ketahanan terhadap penyakit (Allameh et al. 2020).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penambahan probiotik dalam pakan dapat memberikan berbagai manfaat, termasuk peningkatan laju pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kekebalan ikan (Gule and Geremew 2022; Wuertz et al. 2021; Allameh et al. 2020; Aly et al. 2008). Namun, masih diperlukan lebih banyak penelitian untuk memahami mekanisme kerja probiotik, dosis yang optimal, dan dampaknya terhadap berbagai aspek fisiologi dan kesehatan ikan nila. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi penambahan probiotik melalui pakan mandiri terhadap konversi pakan, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup ikan nila.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Biota dan Lingkungan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, mulai bulan September – November 2024. Analisis proksimat pakan dilakukan di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar.

### 2.2. Bahan dan Alat

Bahan pakan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah: tepung ikan sapu-sapu, tepung kedelai, dedak halus, tepung jagung,

vitamin mix (Vitaliquid), probiotik yang mengandung bakteri *Basillus spp*  $4,82 \times 10^6$  CPU/ml terdiri dari *B. margaterium*, *B. mycooides*, *B. anyloliquefacieas* dan *B. Ititudinis*. Hewan uji adalah ikan nila merah ukuran berat  $3,534 \pm 0,521$  g. Wadah penelitian adalah akuarium ukuran  $600 \times 295 \times 365$  mm sebanyak 12 buah, peralatan aerasi untuk mensuplay oksigen, peralatan kualitas air.

### 2.3. Prosedur penelitian

Pakan dibuat sendiri dengan komposisi sebagai berikut: tepung ikan sapu-sapu 35%, tepung kedelai 12%, tepung jagung 10%, dedak halus 25%, tapioka 15%, vitamin mix (3 %). Semua bahan pakan dicampur secara merata, ditambah air 20-25% dari total berat bahan kering. Selanjutnya dicetak menjadi pellet, dikeringkan sampai diperkirakan mengandung kadar air <12%. Hasil diuji proksimat, asam amino dan asam lemak pakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi bahan pakan dan hasil uji proksimat pakan

Bahan	Kandungan (%)
Tepung ikan sapu-sapu	35%
Tepung kedelai	12%
Dedak halus	25%
Bungkil kopra	10%
Tepung kanji	15%
Vitamin premix	3%
<b>Hasil Uji proksimat pakan</b>	
Protein	30%
Karbohidrat	20%
Lemak	9,31%
Abu	24,59%
Air	9,31%

Sebelum pakan diberikan ke hewan uji maka terlebih dahulu ditambahkan probiotik (1 ml probiotik diencerkan dengan air sebanyak 20 ml). Probiotik disemprotkan ke pakan, dikering anginkan selama 30 menit selanjutnya siap diaplikasikan ke hewan uji. Dosis pakan yang diberikan yaitu 10%/berat badan, frekuensi pemberiannya sebanyak tiga kali yaitu jam 08.00; 13.00 dan 18.00.

Semua peralatan penelitian dibersihkan termasuk akuarium, perlengkapan aerasi dipasang pada masing-masing akuarium. Akuarium diisi air sebanyak 40 liter, kepadatan hewan uji adalah 1 ekor/liter. Proses adaptasi hewan uji pada media penelitian dan pakan dilakukan selama tiga hari. Pergantian air dilakukan sebanyak 10%/hari dan pergantian air total setiap 7 hari. Ikan nila

dipelihara selama 8 minggu, sampling pertumbuhan dilakukan setiap tujuh hari, kualitas air seperti suhu, pH diamati setiap hari sedangkan oksigen terlarut, amoniak, nitrit dan fosfat diamati setiap tujuh hari.

Perlakuan adalah dosis probiotik yang berbeda, perlakuan A = 0 ml/kg pakan, B = 2 ml/kg pakan dan C = 3 ml/kg pakan, serta D = 4 ml/kg pakan. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari empat perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

2.4. Parameter yang diamati

Adapun parameter yang diamati adalah sebagai berikut:

1. Pertumbuhan mutlak (g)  
W = Berat akhir – berat awal
2. Laju pertumbuhan harian (%)  
 $SGR = \frac{\ln \text{berat akhir} - \ln \text{berat awal}}{\text{lama pemeliharaan}} \times 100$
3. Konversi pakan (Feed Conversion Rate/FCR)  
 $FCR = \frac{\text{jumlah pakan yang diberikan}}{\text{pertambahan berat badan}}$
4. Kelangsungan Hidup (%)  
 $SR = \frac{\text{jumlah ikan pada akhir penelitian}}{\text{jumlah ikan pada awal penelitian}} \times 100$
5. Kualitas Air, parameter kualitas air yang diamati adalah suhu, pH, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit.

2.5. Analisis Data

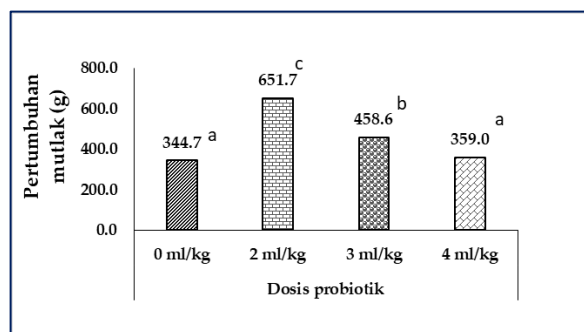
Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), oleh karena perlakuan memberikan pengaruh terhadap parameter yang diamati maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Semua uji statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab (Versi 16, © University of Stirling, 2013). Perbedaan dianggap signifikan secara statistik pada P < 0,05. Parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pertumbuhan mutlak (g) ikan nila

Data pertumbuhan mutlak ikan nila selama penelitian disajikan pada Gambar 2. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan mutlak ikan nila. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan dosis probiotik 2 ml/kg pakan (perlakuan B) dan berbeda dengan perlakuan lainnya. Perlakuan dosis probiotik 4 ml/kg pakan (perlakuan D) tidak berbeda dengan perlakuan tanpa pemberian

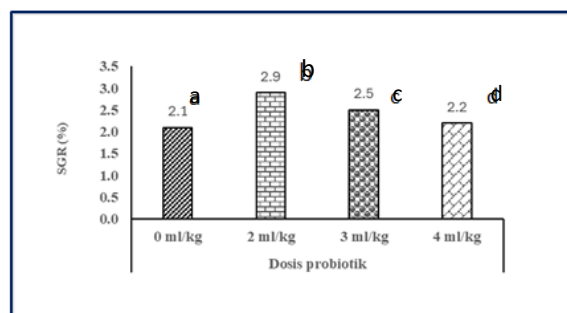
probiotik (0 ml/kg pakan) atau perlakuan A (Gambar 2).



Gambar 2. Pertumbuhan mutlak (g) ikan nila

3.2. Laju pertumbuhan harian (Specific Growth Rate/SGR) ikan nila

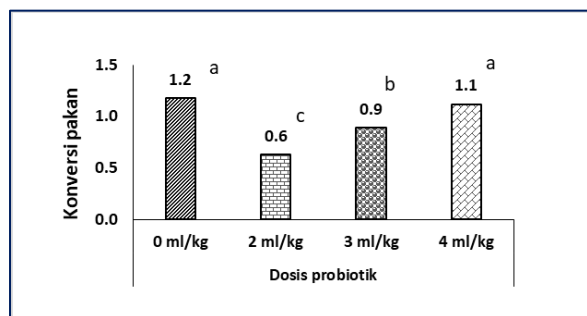
Laju Pertumbuhan harian ikan nila selama penelitian disajikan pada Gambar 3. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap SGR ikan nila. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan dosis probiotik 2 ml/kg pakan (perlakuan B) dan berbeda dengan perlakuan lainnya. Perlakuan dosis probiotik 4 ml/kg pakan (perlakuan D) tidak berbeda dengan perlakuan tanpa pemberian probiotik (0 ml/kg pakan) atau perlakuan A (Gambar 3).



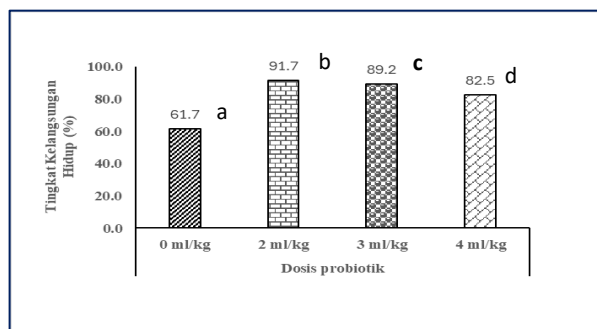
Gambar 3. Laju pertumbuhan harian (%) ikan nila

3.3. Konversi pakan ikan nila

Nilai konversi pakan ikan nila selama penelitian disajikan pada Gambar 4. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap konversi pakan ikan nila. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan dosis probiotik 2 ml/kg pakan (perlakuan B) dan berbeda dengan perlakuan lainnya. Perlakuan dosis probiotik 4 ml/kg pakan (perlakuan D) tidak berbeda dengan perlakuan tanpa pemberian probiotik (0 ml/kg pakan) atau perlakuan A (Gambar 4).



Gambar 4. Konversi pakan ikan nila



Gambar 5. Tingkat Kelangsungan Hidup (%) ikan nila

### 3.4. Tingkat Kelangsungan Hidup (%)

Tingkat Kelangsungan Hidup ikan nila selama penelitian disajikan pada Gambar 5. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan nila.

### 3.5. Parameter kualitas air

Hasil pengamatan parameter kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Table 3.

Tabel 3. Parameter kualitas air yang dipantau pada masing-masing perlakuan

Parameter kualitas air	Dosis Probiotik			
	0 ml/kg	2 ml/kg	3 ml/kg	4 ml/kg
Suhu (°C)	25	27	27	27-
pH	7	7	7	7
Oksigen terlarut (ppm)	4,5 - 6	4,5 - 6	4,5 - 6	4,5 - 6
Amoniak (ppm)	0,02-0,03	0,02-0,03	0,02-0,03	0,02-0,03

### 3.6. Pembahasan

Pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan harian ikan nila menunjukkan bahwa dosis probiotik 2 ml/kg pakan menghasilkan pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan harian yang lebih tinggi dibandingkan dosis lainnya, termasuk kontrol tanpa probiotik. Hal ini mengindikasikan bahwa dosis tersebut merupakan dosis optimal yang memberikan lingkungan pencernaan terbaik bagi ikan untuk memanfaatkan nutrisi secara maksimal. Probiotik memiliki banyak fungsi pada organisme akuatik antara lain meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan serta meningkatkan kekebalan (Hasan and Banerjee 2020). Pertumbuhan, konversi pakan dan kondisi fisiologis ikan nila dan udang vaname meningkat dengan suplementasi probiotik (Apun-Molina et al. 2015). Aplikasi probiotik campuran *Bacillus subtilis* dan *B. licheniformis* pada (BS) dosis 10 g/kg efektif meningkatkan pertumbuhan dan status imunologis ikan nila (Abarike et al. 2018); Probiotik EM4 dosis 1,5 ml/l air meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*O. niloticus*) terbaik dibanding dosis 0; 0,5; dan 2,5 ml/l air (Apriyan et al. 2021); probiotik *S. cerevisiae* dosis 4 g/kg dan *B. subtilis* dosis 10 g/kg pakan (Opiyo et al. 2019).

Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa dosis optimal probiotik pada ikan nila bervariasi, diduga disebabkan oleh beberapa factor antara lain jenis probiotik, formulasi pakan, metode pemberian, kondisi lingkungan, dan fase pertumbuhan ikan. Jenis probiotik memiliki mekanisme kerja yang berbeda, *Bacillus subtilis* lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dibandingkan *Lactobacillus acidophilus* pada beberapa kondisi, sementara *Enterococcus faecium* lebih efektif dalam meningkatkan respon imun (Aly et al. 2008). Frekuensi pemberian pakan juga memengaruhi tingkat kolonisasi mikroba pada saluran pencernaan (Gillannejad et al. 2019). Demikian pula kondisi lingkungan dapat mempengaruhi efektivitas probiotik (Qiu et al. 2023). Fungsi probiotik lainnya adalah meningkatkan kekebalan ikan nila. Menurut Cavalcante et al. (2020), penggunaan probiotik meningkatkan perlindungan terhadap infeksi *A. hydrophila* tanpa mengurangi pertumbuhan pada ikan nila.

Nilai konversi pakan (FCR) yang terbaik juga diperoleh pada dosis 2 ml/kg pakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa ikan nila mampu memanfaatkan pakan lebih efisien dengan penambahan probiotik pada dosis ini. Efisiensi ini disebabkan oleh perbaikan mikrobiota usus yang mendukung pencernaan dan penyerapan nutrisi

secara optimal. Probiotik berfungsi untuk meningkatkan keseimbangan mikroflora usus ikan, mendorong pertumbuhan bakteri baik dan mengurangi jumlah patogen (Rahayu et al. 2024). Dosis probiotik yang terlalu rendah mungkin tidak cukup untuk memodulasi mikroflora secara efektif, sementara dosis yang lebih tinggi bisa berisiko menyebabkan ketidakseimbangan atau kompetisi antara probiotik dengan mikroorganisme lain dalam sistem pencernaan. Dosis 2 ml/kg dapat memberikan keseimbangan yang optimal, mendukung pertumbuhan mikroflora yang menguntungkan, sehingga meningkatkan FCR. Aplikasi probiotik *Saccharomyces cerevisiae* dengan dosis 4 g/kg pakan menghasilkan FCR  $1,61 \pm 0,02$  (Opiyo et al. 2019), probiotik *Bacillus subtilis* pada dosis optimal 2 g/kg pakan (Wang et al. 2008), dosis probiotik 1-2 g/kg efektif untuk meningkatkan performa pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila dan lele (Akhter et al. 2015).

Dosis 0 ml/kg (tanpa probiotik), ikan cenderung menunjukkan performa pertumbuhan yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan pentingnya peran probiotik dalam meningkatkan efisiensi metabolisme dan penyerapan nutrisi. Selanjutnya pada dosis 3 ml/kg dan 4 ml/kg, kinerja pertumbuhan mulai menurun. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh efek kompetisi antara mikroorganisme probiotik dan mikroorganisme alami di usus ikan, atau beban metabolik tambahan pada ikan untuk mengelola mikroorganisme dalam jumlah besar. Probiotik bekerja dengan cara meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus, menghambat patogen, dan meningkatkan enzim pencernaan. Namun, kelebihan probiotik bisa menyebabkan ketidakseimbangan mikroflora dan stres metabolik. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa dosis probiotik yang terlalu tinggi dapat mengurangi kinerja karena tingginya jumlah mikroorganisme yang tidak diperlukan oleh ikan (Torres-Maravilla et al. 2024; Wuertz et al. 2021).

Dosis probiotik yang tepat 2 ml/kg, dapat diadopsi sebagai rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi produksi dalam budidaya ikan. Dosis ini tidak hanya mendukung pertumbuhan optimal tetapi juga berkontribusi pada pengurangan biaya pakan karena FCR yang rendah. Hasil ini juga memberikan bukti ilmiah tentang pentingnya menemukan dosis optimal untuk setiap jenis probiotik, karena efeknya

bersifat spesifik untuk spesies ikan dan kondisi budidaya.

Ikan nila adalah ikan tropis yang memiliki toleransi suhu yang cukup luas, tetapi terdapat kisaran suhu optimal untuk mendukung pertumbuhan, reproduksi, dan kesehatannya. Suhu optimal untuk pertumbuhan dan efisiensi pakan terbaik ikan nila yaitu 27-30°C (Leonard and Skov 2022). Suhu < 20°C, metabolisme ikan melambat, mengurangi pertumbuhan dan aktivitas. Jika suhu turun hingga 16°C, ikan nila mulai mengalami stres, dan suhu di bawah 12-14°C dapat mematikan. Suhu > 36°C, ikan mengalami stres panas, penurunan kadar oksigen terlarut, dan risiko kematian meningkat (Leonard and Skov 2022).

Ikan nila memiliki toleransi yang cukup luas terhadap pH air, tetapi terdapat kisaran optimal untuk mendukung kesehatan, pertumbuhan, dan reproduksinya. pH optimal untuk pertumbuhan yaitu 6,5-8,5; sedangkan toleransi maksimal adalah 5,0-10,0 (Aziz and Barades 2021).

Oksigen terlarut yang optimal untuk menunjang pertumbuhan ikan nila adalah 5-7 mg/l, kadar oksigen yang dapat ditoleransi 2-3 mg/L, pada kadar ini ikan nila dapat bertahan hidup, tetapi pertumbuhan, reproduksi, dan daya tahan tubuh akan terganggu (Abdel-Tawwab 2015). Pada kadar oksigen terlarut di bawah 2 mg/L, ikan nila dapat mengalami stres berat, yang berpotensi menyebabkan kematian massal jika kondisi ini berlangsung lama.

Kadar amoniak di perairan adalah faktor penting dalam budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) karena amoniak yang tinggi dapat bersifat toksik bagi ikan. Amoniak total (TAN, Total Ammonia Nitrogen) di dalam air terdiri dari dua bentuk utama: Amoniak tak terionisasi ( $\text{NH}_3$ ): Beracun bagi ikan; Amonium terionisasi ( $\text{NH}_4^+$ ): Relatif tidak beracun. Tingkat toksisitas  $\text{NH}_3$  dipengaruhi oleh pH dan suhu air; pH yang lebih tinggi dan suhu yang lebih panas meningkatkan proporsi  $\text{NH}_3$  dalam air. Kadar amoniak < 0,02 mg/L, tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan ikan nila. Kadar  $\text{NH}_3$  0,02-0,05 mg/L, dapat menyebabkan stres jika kondisi ini berlangsung lama (Atwood et al. 2001). Selanjutnya dijelaskan bahwa kadar  $\text{NH}_3$  > 0,05 mg/L, menyebabkan stres berat, penurunan kekebalan tubuh, dan kerusakan jaringan insang.

## IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian ini maka ada beberapa kesimpulan:

1. Dosis probiotik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan harian, konversi pakan; tetapi tidak berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan nila.
2. Dosis probiotik 2 ml/kg pakan memperlihatkan performa pertumbuhan dan konversi pakan lebih bagus dari pada dosis 0; 3 dan 4 ml/kg pakan.

3. Kualitas air yaitu suhu, pH, oksigen terlarut, amoniak, nitrit dan fosfat masih berada pada batas yang dapat ditolerir oleh ikan nila.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Muslim Indonesia melalui Lembaga Penelitian UMI, atas dukungan finansial yang diberikan untuk penelitian ini. Bantuan ini sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian dan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang budidaya perikanan.

## REFERENSI

- Abarike E.D., Cai J., Lu Y., et al. 2018. Effects of a commercial probiotic BS containing *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* on growth, immune response and disease resistance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology* 82 (June): 229–238. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.08.037
- Abdel-Tawwab M. 2015. Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, whole-body composition, and innate immunity. *Aquaculture International* 23 (5): 1261–1274. DOI: 10.1007/s10499-015-9882-y
- Akhter N., Wu B., Memon A.M., Mohsin M. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish and Shellfish Immunology* 45 (2): 733–741. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.05.038
- Allameh S.K., Noaman V., Boroumand-Jazi M., et al. 2020. Some beneficial effects of probiotics in aquaculture. *Journal of Clinical Trials & Research* 4 (1): 215–218.
- Aly S.M., Abdel-Galil Ahmed Y., Abdel-Aziz Ghareeb A., Mohamed M.F. 2008. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish and Shellfish Immunology* 25 (1–2): 128–136. DOI: 10.1016/j.fsi.2008.03.013
- Apriyan I.E., Diniarti N., Setyono B.D.H. 2021. Pengaruh pemberian probiotik dengan dosis yang berbeda pada media budidaya terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan Unram* 11 (1): 150–165. DOI: 10.29303/jp.v11i1.246
- Apún-Molina J.P., Santamaría-Miranda A., Luna-González A., et al. 2015. Growth and metabolic responses of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in polyculture fed with potential probiotic microorganisms on different schedules. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43 (3): 435–445. DOI: 10.3856/vol43-issue3-fulltext-5
- Arumugam M., Jayaraman S., Sridhar A., et al. 2023. Recent Advances in Tilapia Production for Sustainable Developments in Indian Aquaculture and Its Economic Benefits. *Fishes* 8 (4): 1–31. DOI: 10.3390/fishes8040176
- Atwood H.L., Fontenot Q.C., Tomasso J.R., Isely J.J. 2001. Toxicity of Nitrite to Nile Tilapia: Effect of Fish Size and Environmental Chloride. *North American Journal of Aquaculture* 63 (1): 49–51. DOI: 10.1577/1548-8454(2001)063<0049:tontnt>2.0.co;2
- Aziz R., Barades E. 2021. Adaptasi benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada kenaikan salinitas yang begbeda. *Jurnal Perikanan* 11 (2): 251–258. DOI: 10.51452/kazatu.2021.3(110).520
- Burad-Méndez A., Domínguez-May R., Olvera-Novoa M.A., et al. 2023. Economic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production based on farm size and number of rearing tanks. *Latin American Journal of Aquatic Research* 51 (5): 747–759. DOI: 10.3856/vol51-issue5-fulltext-3071
- Cavalcante R.B., Telli G.S., Tachibana L., et al. 2020. Probiotics, prebiotics and synbiotics for Nile tilapia: growth performance and protection against *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture Reports* 17 (March): 100343. DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100343

- Gilannejad N., Silva T., Martínez-Rodríguez G., Yúfera M. 2019. Effect of feeding time and frequency on gut transit and feed digestibility in two fish species with different feeding behaviours, gilthead seabream and Senegalese sole. *Aquaculture* 513 (September): 734438. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734438
- Gule T.T., Geremew A. 2022. Dietary strategies for better utilization of aquafeeds in tilapia farming. *Aquaculture Nutrition* 2022 (1): 1–11. DOI: 10.1155/2022/9463307
- Hasan K.N., Banerjee G. 2020. Recent studies on probiotics as beneficial mediator in aquaculture: a review. *The Journal of Basic and Applied Zoology* 81 (1–16). DOI: 10.1186/s41936-020-00190-y
- Leonard J.N., Skov P.V. 2022. Capacity for thermal adaptation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effects on oxygen uptake and ventilation. *Journal of Thermal Biology* 105 (February): 103206. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2022.103206
- Lovell R.T., Cho C.Y., Cowey C.B., et al. 1993. Nutrient Requirements of Fish. DOI: 10.17226/2115
- Opiyo M.A., Jumbe J., Ngugi C.C., Charo-Karisa H. 2019. Different levels of probiotics affect growth, survival and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds. *Scientific African* 4 (July): e00103. DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00103
- Prabu E., Rajagopalsamy C.B.T., Ahilan B., et al. 2019. Tilapia – An Excellent Candidate Species for World Aquaculture: A Review. *Annual Research & Review in Biology* 31 (3): 1–14. DOI: 10.9734/arrb/2019/v31i330052
- Qiu Z., Xu Q., Li S., et al. 2023. Effects of Probiotics on the Water Quality, Growth Performance, Immunity, Digestion, and Intestinal Flora of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in the Biofloc Culture System. *Water (Switzerland)* 15 (6). DOI: 10.3390/w15061211
- Rahayu S., Amoah K., Huang Y., et al. 2024. Probiotics application in aquaculture: its potential effects, current status in China and future prospects. *Frontiers in Marine Science* 11 (September): 1–23. DOI: 10.3389/fmars.2024.1455905
- Torres-Maravilla E., Parra M., Maisey K., et al. 2024. Importance of Probiotics in Fish Aquaculture: Towards the Identification and Design of Novel Probiotics. *Microorganisms* 12 (3): 1–32. DOI: 10.3390/microorganisms12030626
- Wang M., Lu M. 2015. Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research*: 1–12. DOI: 10.1111/are.12708
- Wang Y.B., Li J.R., Lin J. 2008. Probiotics in aquaculture: Challenges and outlook. *Aquaculture* 281 (1–4): 1–4. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.06.002
- Wu P.S., Liu C.H., Hu S.Y. 2021. Probiotic *Bacillus safensis* NPUST1 administration improves growth performance, gut microbiota, and innate immunity against *Streptococcus iniae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Microorganisms* 9 (12): 1–19. DOI: 10.3390/microorganisms9122494
- Wuertz S., Schroeder A., Wanka K.M. 2021. Probiotics in fish nutrition – long-standing household remedy or native nutraceuticals? *Water (Switzerland)* 13 (10). DOI: 10.3390/w13101348
- Yue G., Lin H., Li J.. 2016. Tilapia is the Fish for Next - Generation Aquaculture. *International Journal of Marine Science and Ocean Technology* 3 (1): 11–13. DOI: 10.19070/2577-4395-160003