



PENGARUH PENAMBAHAN PREBIOTIK DAN PROBIOTIK DALAM PAKAN TERHADAP PERFORMA PERTUMBUHAN IKAN BUDIDAYA : STUDI LITERATUR

Andika Taufik Perdamaian Telaumbanua¹⁾, Ratna Dewi Zebua²⁾

¹⁾Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: andikataufikperdamaiaandelau@gmail.com

²⁾Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: ratnadewizebua@unias.com

Abstract

Intensive fish farming faces challenges such as disease, low feed efficiency, and declining water quality. This article aims to examine the effect of adding prebiotics and probiotics to feed on the growth performance of farmed fish through a literature review of various scientific journals. The results of the review indicate that probiotics improve gut microbiota balance, digestive enzyme activity, growth, and feed efficiency, while prebiotics support the growth of beneficial bacteria and boost the fish's immune system. The combination of both (synbiotics) provides better results than using them separately. Thus, the addition of prebiotics and probiotics has the potential to be an effective and environmentally friendly nutritional strategy to improve the growth, health, and productivity of farmed fish.

Keywords: Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, Fish Feed, Fish Growth, Fish Farming.

Abstrak

Budidaya ikan intensif menghadapi tantangan berupa penyakit, rendahnya efisiensi pakan, dan penurunan kualitas air. Artikel ini bertujuan mengkaji pengaruh penambahan prebiotik dan probiotik dalam pakan terhadap performa pertumbuhan ikan budidaya melalui studi literatur dari berbagai jurnal ilmiah. Hasil kajian menunjukkan bahwa probiotik meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus, aktivitas enzim pencernaan, pertumbuhan, dan efisiensi pakan, sedangkan prebiotik mendukung pertumbuhan bakteri menguntungkan serta meningkatkan sistem imun ikan. Kombinasi keduanya (sinbiotik) memberikan efek yang lebih baik dibandingkan penggunaan secara terpisah. Dengan demikian, penambahan prebiotik dan probiotik berpotensi menjadi strategi nutrisi yang efektif dan ramah lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas ikan budidaya.

Kata Kunci: *Prebiotik, Probiotik, Sinbiotik, Pakan Ikan, Pertumbuhan Ikan, Budidaya Ikan.*



PENDAHULUAN

Sektor akuakultur merupakan salah satu subsektor perikanan yang tumbuh paling cepat di dunia dan berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan protein hewani global. Peningkatan intensitas budidaya yang tidak diimbangi dengan manajemen pakan dan kualitas air yang baik seringkali menimbulkan permasalahan berupa penurunan performa pertumbuhan dan meningkatnya kerentanan ikan terhadap serangan penyakit (Gatesoupe, 1999). Salah satu upaya yang selama ini banyak dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan (feed additive), namun penggunaan antibiotik secara terus-menerus dilaporkan menimbulkan resistensi bakteri patogen serta residu pada produk perikanan yang dapat membahayakan kesehatan konsumen (Verschuere et al., 2000).

Permasalahan tersebut mendorong berkembangnya penelitian mengenai penggunaan mikroorganisme menguntungkan atau probiotik sebagai alternatif imbuhan pakan yang lebih aman. Probiotik didefinisikan sebagai mikroorganisme hidup yang apabila diberikan dalam jumlah yang cukup akan memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya melalui perbaikan keseimbangan mikrobiota saluran pencernaan (FAO/WHO, 2001). Bakteri probiotik yang umum digunakan dalam budidaya ikan antara lain dari genus *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, serta khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, dan respons imun nonspesifik ikan (Irianto & Austin, 2002; Wang et al., 2008).

Selain probiotik, prebiotik juga menjadi perhatian dalam nutrisi ikan. Prebiotik pertama kali didefinisikan sebagai bahan pangan yang tidak dapat dicerna oleh inang namun secara selektif memberikan efek menguntungkan dengan menstimulasi pertumbuhan dan/atau aktivitas sejumlah bakteri tertentu di dalam saluran pencernaan (Gibson & Roberfroid, 1995). Beberapa jenis prebiotik yang telah banyak diteliti pada pakan ikan antara lain fructooligosaccharide (*FOS*), mannan-oligosaccharide (*MOS*), galacto-oligosaccharide (*GOS*), dan inulin, yang berfungsi sebagai substrat fermentasi selektif bagi mikroba menguntungkan di dalam usus (Ringø et al., 2010).

Penggabungan probiotik dan prebiotik dalam satu formulasi pakan yang dikenal sebagai sinbiotik dilaporkan memberikan efek sinergis yang lebih baik dibandingkan pemberian keduanya secara terpisah, karena prebiotik dapat meningkatkan viabilitas dan kolonisasi bakteri probiotik di dalam saluran pencernaan ikan (Merrifield et al., 2010; Hoseinifar et al., 2015). Berbagai penelitian pada spesies ikan budidaya, seperti nila, lele, kerapu, dan salmonid, secara konsisten melaporkan perbaikan performa

pertumbuhan, kelulushidupan, dan status kesehatan ikan setelah pemberian pakan yang disuplementasi dengan prebiotik dan/atau probiotik (Nayak, 2010; Akhter et al., 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, artikel ulasan ini disusun dengan tujuan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh penambahan prebiotik dan probiotik dalam pakan terhadap performa pertumbuhan ikan budidaya, mekanisme kerja keduanya di dalam saluran pencernaan, serta implikasinya terhadap efisiensi pakan, kelulushidupan, dan keberlanjutan usaha budidaya ikan (Dimitroglou et al., 2011).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun menggunakan metode studi literatur (literature review) dengan pendekatan deskriptif-kualitatif. Data dan informasi yang digunakan bersumber dari artikel jurnal ilmiah nasional maupun internasional, prosiding, serta buku referensi yang relevan dengan topik probiotik, prebiotik, sinbiotik, dan performa pertumbuhan ikan budidaya yang diterbitkan dalam kurun waktu dua dekade terakhir (Mohapatra et al., 2013). Penelusuran pustaka dilakukan melalui basis data ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan Scopus dengan kata kunci “probiotic fish feed”, “prebiotic aquaculture”, “synbiotic growth performance”, dan padanan kata kunci berbahasa Indonesia.

Kriteria inklusi artikel yang digunakan meliputi: (1) membahas penambahan probiotik, prebiotik, atau sinbiotik pada pakan ikan budidaya; (2) melaporkan parameter performa pertumbuhan seperti laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan tingkat kelulushidupan; serta (3) merupakan artikel yang telah melalui proses penelaahan sejawat (peer-reviewed). Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan cara membandingkan dan mensintesis temuan dari berbagai penelitian untuk memperoleh gambaran umum mengenai pengaruh prebiotik dan probiotik terhadap performa pertumbuhan ikan budidaya (Song et al., 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Probiotik terhadap Performa Pertumbuhan

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi probiotik dalam pakan mampu meningkatkan performa pertumbuhan ikan budidaya secara signifikan. Mekanisme utama yang mendasari peningkatan tersebut adalah kemampuan bakteri probiotik dalam menghasilkan enzim ekstraseluler, seperti protease, amilase, lipase, dan selulase, yang berperan dalam menguraikan komponen pakan menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan ikan



(Wang et al., 2008). Selain meningkatkan pencernaan pakan, probiotik juga membantu menjaga keseimbangan mikrobiota usus melalui mekanisme *competitive exclusion*, yaitu persaingan ruang dan nutrisi dengan bakteri patogen sehingga mampu menghambat kolonisasi mikroorganisme penyebab penyakit (Verschuere et al., 2000). Kondisi mikrobiota usus yang seimbang akan meningkatkan kesehatan saluran pencernaan, memperbaiki efisiensi metabolisme, serta mengurangi energi yang digunakan untuk melawan infeksi sehingga lebih banyak dialokasikan untuk proses pertumbuhan.

Penelitian oleh Ai et al. (2011) pada ikan croaker kuning (*Larimichthys crocea*) menunjukkan bahwa pemberian *Bacillus subtilis* yang dikombinasikan dengan fructooligosaccharide mampu meningkatkan laju pertumbuhan spesifik, efisiensi pemanfaatan pakan, dan tingkat kelulushidupan dibandingkan kelompok kontrol. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Adeoye et al. (2016) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*), di mana kombinasi probiotik dan enzim eksogen menghasilkan perbaikan morfologi usus berupa peningkatan panjang vili yang berkorelasi positif dengan meningkatnya luas permukaan penyerapan nutrisi. Perbaikan struktur histologi saluran pencernaan tersebut memungkinkan penyerapan protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral berlangsung lebih optimal sehingga mendukung sintesis jaringan tubuh, meningkatkan retensi protein, serta menghasilkan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan ikan yang tidak memperoleh suplementasi probiotik.

Selain meningkatkan pertumbuhan, penggunaan probiotik juga berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pakan dan kesehatan ikan secara keseluruhan. Berbagai spesies probiotik, terutama dari genus *Bacillus* dan *Lactobacillus*, diketahui mampu menghasilkan senyawa antimikroba yang menghambat perkembangan bakteri patogen sekaligus merangsang respons imun ikan. Dampaknya, tingkat stres menurun, angka kelulushidupan meningkat, dan nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) menjadi lebih rendah karena nutrisi dalam pakan dimanfaatkan secara lebih efisien. Dengan demikian, aplikasi probiotik dalam pakan tidak hanya meningkatkan performa pertumbuhan, tetapi juga mendukung sistem budidaya yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan melalui perbaikan kesehatan saluran pencernaan, peningkatan daya tahan tubuh, serta optimalisasi pemanfaatan nutrisi.

Pengaruh Prebiotik terhadap Performa Pertumbuhan

Prebiotik bekerja secara tidak langsung dalam meningkatkan performa pertumbuhan ikan melalui stimulasi selektif terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri menguntungkan di dalam saluran pencernaan.

Berbeda dengan probiotik yang berupa mikroorganisme hidup, prebiotik merupakan senyawa yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan ikan, tetapi dapat difermentasi oleh mikrobiota usus sehingga menghasilkan berbagai metabolit yang bermanfaat. Salah satu hasil fermentasi tersebut adalah asam lemak rantai pendek (*short-chain fatty acids*/SCFA), seperti asetat, propionat, dan butirat, yang berfungsi sebagai sumber energi bagi sel epitel usus, memperkuat integritas dinding usus, serta menurunkan pH lumen usus sehingga mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Ringø et al., 2010). Selain itu, Song et al. (2014) menjelaskan bahwa prebiotik, khususnya mannan-oligosaccharide (MOS), juga berperan sebagai imunostimulan yang dapat meningkatkan aktivitas fagositosis, produksi lisozim, dan respons imun nonspesifik sehingga kesehatan ikan tetap terjaga dan energi metabolisme dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung pertumbuhan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa suplementasi prebiotik mampu memperbaiki keseimbangan mikrobiota usus dengan meningkatkan populasi bakteri menguntungkan, seperti bakteri asam laktat, sekaligus menekan keberadaan bakteri patogen oportunistik, seperti *Aeromonas* dan *Vibrio* (Ringø et al., 2016). Dominasi bakteri menguntungkan di dalam usus akan meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, memperbaiki proses fermentasi nutrisi, serta meningkatkan efisiensi penyerapan protein, lemak, dan karbohidrat. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya efisiensi pemanfaatan pakan, menurunnya nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR), serta meningkatnya retensi nutrisi dalam tubuh ikan. Dengan saluran pencernaan yang lebih sehat dan mikrobiota yang seimbang, proses metabolisme berlangsung lebih efisien sehingga pertumbuhan ikan menjadi lebih optimal.

Peningkatan kualitas mikrobiota usus akibat pemberian prebiotik pada akhirnya tercermin pada performa produksi ikan budidaya. Zhou et al. (2018) melaporkan bahwa ikan yang memperoleh suplementasi prebiotik menunjukkan peningkatan bobot tubuh, laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate*/SGR), efisiensi pakan, dan tingkat kelulushidupan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Selain meningkatkan pertumbuhan, penggunaan prebiotik juga mampu memperbaiki kondisi fisiologis saluran pencernaan dan meningkatkan ketahanan ikan terhadap infeksi penyakit, sehingga sangat potensial diterapkan sebagai bahan aditif pakan dalam sistem budidaya yang berkelanjutan. Oleh karena itu, pemanfaatan prebiotik tidak hanya memberikan manfaat terhadap aspek nutrisi, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan kesehatan ikan dan produktivitas usaha budidaya secara keseluruhan.



Efek Sinergis Sinbiotik

Kombinasi probiotik dan prebiotik dalam bentuk sinbiotik dilaporkan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan pemberian secara tunggal karena prebiotik berfungsi sebagai substrat selektif yang mendukung pertumbuhan, aktivitas metabolik, dan kolonisasi bakteri probiotik di saluran pencernaan. Interaksi sinergis antara kedua komponen tersebut memungkinkan bakteri probiotik bertahan lebih lama di usus sehingga mampu menjaga keseimbangan mikrobiota, menghambat pertumbuhan bakteri patogen melalui mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi (*competitive exclusion*), serta meningkatkan produksi enzim pencernaan seperti protease, amilase, dan lipase yang berperan dalam mengoptimalkan proses pencernaan dan penyerapan nutrisi pakan (Merrifield et al., 2010). Kondisi ini menyebabkan pemanfaatan nutrisi menjadi lebih efisien sehingga sebagian besar energi yang diperoleh dari pakan dapat dialokasikan untuk pertumbuhan dan pembentukan jaringan tubuh ikan.

Selain meningkatkan efisiensi pencernaan, sinbiotik juga memberikan dampak positif terhadap kesehatan saluran pencernaan dan sistem imun ikan. Fermentasi prebiotik oleh bakteri probiotik menghasilkan asam lemak rantai pendek (*short-chain fatty acids*) yang berperan dalam menjaga integritas epitel usus, meningkatkan perkembangan vili usus, serta menciptakan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan mikroorganisme patogen. Di sisi lain, keberadaan bakteri probiotik mampu merangsang aktivitas fagosit, meningkatkan kadar lisozim, memperkuat respons imun nonspesifik, serta mengurangi stres fisiologis akibat perubahan kualitas lingkungan maupun serangan penyakit. Perbaikan kondisi fisiologis tersebut berkontribusi terhadap meningkatnya tingkat kelulushidupan, menurunnya nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR), serta meningkatnya laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate*/SGR), sehingga produktivitas budidaya dapat ditingkatkan secara lebih efisien.

Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas sinbiotik dalam meningkatkan performa pertumbuhan berbagai spesies ikan budidaya. Hoseinifar et al. (2015) melaporkan bahwa pemberian sinbiotik pada ikan sturgeon menghasilkan pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, dan respons imun yang lebih baik dibandingkan pemberian probiotik atau prebiotik secara terpisah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efek sinergis antara probiotik dan prebiotik mampu mengoptimalkan fungsi saluran pencernaan sekaligus meningkatkan daya tahan tubuh ikan terhadap infeksi penyakit dan stres lingkungan. Oleh karena itu, sinbiotik dipandang sebagai salah satu strategi nutrisi

yang menjanjikan untuk mendukung sistem budidaya ikan yang lebih produktif, efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Pengaruh terhadap Kelulushidupan dan Ketahanan terhadap Penyakit

Selain performa pertumbuhan, tingkat kelulushidupan (*survival rate*) merupakan salah satu indikator penting dalam mengevaluasi keberhasilan aplikasi probiotik dan prebiotik pada budidaya ikan. Probiotik diketahui mampu meningkatkan sistem pertahanan tubuh ikan melalui stimulasi respons imun bawaan (*innate immunity*), seperti peningkatan aktivitas sel fagosit, kadar lisozim, aktivitas komplemen serum, dan produksi senyawa antimikroba yang berperan dalam melindungi ikan dari infeksi bakteri patogen (Nayak, 2010). Di sisi lain, prebiotik juga berkontribusi dalam memperkuat sistem imun dengan merangsang pertumbuhan mikrobiota menguntungkan yang menghasilkan berbagai metabolit bioaktif sehingga mampu meningkatkan ketahanan tubuh ikan terhadap stres lingkungan maupun serangan penyakit. Dimitroglou et al. (2011) melaporkan bahwa pemberian probiotik secara konsisten mampu meningkatkan tingkat kelulushidupan, terutama pada fase larva dan benih yang memiliki sistem imun belum berkembang secara sempurna dan lebih rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan budidaya.

Selain meningkatkan daya tahan tubuh, probiotik juga memberikan manfaat terhadap kualitas lingkungan budidaya yang secara tidak langsung mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Beberapa bakteri probiotik, terutama dari genus *Bacillus*, memiliki kemampuan mendegradasi sisa pakan, feses, dan bahan organik lainnya melalui produksi berbagai enzim ekstraseluler sehingga akumulasi limbah organik di dasar kolam dapat dikurangi (Akhter et al., 2015). Aktivitas tersebut membantu menurunkan konsentrasi senyawa toksik seperti amonia (NH_3), nitrit (NO_2^-), dan hidrogen sulfida (H_2S), sekaligus meningkatkan stabilitas kualitas air. Lingkungan budidaya yang lebih baik akan mengurangi tingkat stres fisiologis ikan, menjaga keseimbangan mikrobiota perairan, serta menciptakan kondisi yang lebih kondusif bagi proses metabolisme dan pertumbuhan.

Secara keseluruhan, manfaat probiotik dan prebiotik tidak hanya terbatas pada peningkatan performa pertumbuhan, tetapi juga mencakup peningkatan tingkat kelulushidupan, kesehatan ikan, dan kualitas media budidaya. Hoseinifar et al. (2018) menyatakan bahwa perbaikan kualitas air yang dipadukan dengan peningkatan sistem imun dan efisiensi pemanfaatan nutrisi mampu meningkatkan produktivitas budidaya ikan secara signifikan, terutama pada sistem budidaya intensif dengan



padat tebar tinggi. Oleh karena itu, aplikasi probiotik dan prebiotik dapat dipandang sebagai salah satu strategi manajemen budidaya yang efektif untuk meningkatkan efisiensi produksi, menekan risiko kematian akibat penyakit, serta mendukung praktik akuakultur yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Rangkuman Temuan

Secara umum, berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan probiotik, prebiotik, maupun kombinasi keduanya dalam bentuk sinbiotik memberikan pengaruh positif terhadap performa produksi ikan budidaya. Aplikasi ketiga bahan aditif tersebut mampu memperbaiki keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, memperbaiki struktur morfologi saluran pencernaan, serta memperkuat sistem imun nonspesifik ikan. Perbaikan kondisi fisiologis tersebut berdampak pada meningkatnya efisiensi penyerapan nutrisi, laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate/SGR*), efisiensi pemanfaatan pakan, tingkat kelulushidupan (*survival rate*), serta menurunnya nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR). Dengan demikian, penggunaan probiotik, prebiotik, dan sinbiotik menjadi salah satu strategi nutrisi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas budidaya ikan sekaligus mendukung sistem akuakultur yang lebih efisien dan berkelanjutan (Mohapatra et al., 2013; Ringø et al., 2016).

Meskipun memberikan manfaat yang nyata, keberhasilan aplikasi probiotik dan prebiotik dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis dan strain mikroorganisme yang digunakan, jenis prebiotik, dosis, frekuensi serta lama pemberian, kualitas pakan, kondisi lingkungan budidaya, serta spesies dan stadium perkembangan ikan yang dipelihara. Perbedaan karakteristik fisiologis setiap spesies menyebabkan respons terhadap suplementasi probiotik dan prebiotik tidak selalu sama, sehingga formulasi yang efektif pada satu komoditas belum tentu memberikan hasil serupa pada komoditas lainnya. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk menentukan kombinasi probiotik dan prebiotik yang paling sesuai bagi masing-masing spesies ikan budidaya, sehingga manfaat yang diperoleh dapat dioptimalkan baik dari aspek pertumbuhan, kesehatan, maupun efisiensi produksi (Effendie, 1997).

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa penambahan prebiotik dan probiotik dalam pakan memberikan pengaruh positif terhadap performa pertumbuhan ikan budidaya melalui perbaikan keseimbangan mikrobiota usus, peningkatan

aktivitas enzim pencernaan, perbaikan morfologi usus, serta penguatan sistem imun nonspesifik. Probiotik seperti *Bacillus* sp. dan *Lactobacillus* sp. terbukti mampu meningkatkan laju pertumbuhan spesifik dan efisiensi pakan, sementara prebiotik seperti FOS, MOS, dan inulin berperan sebagai substrat selektif yang mendukung kolonisasi bakteri menguntungkan. Kombinasi keduanya dalam bentuk sinbiotik menghasilkan efek sinergis yang lebih optimal dibandingkan pemberian secara tunggal. Oleh karena itu, strategi suplementasi prebiotik dan probiotik dalam pakan dapat direkomendasikan sebagai alternatif yang aman, efektif, dan ramah lingkungan untuk meningkatkan produktivitas serta keberlanjutan usaha budidaya ikan, dengan tetap memperhatikan jenis strain, dosis, dan spesies ikan yang dibudidayakan.

Sebagai saran, diperlukan penelitian lanjutan yang menguji efektivitas berbagai jenis probiotik, prebiotik, dan sinbiotik pada berbagai spesies ikan budidaya dengan dosis serta lama pemberian yang berbeda untuk memperoleh formulasi yang paling optimal. Selain itu, perlu dilakukan kajian mengenai pengaruh suplementasi tersebut terhadap kualitas air, ketahanan ikan terhadap penyakit, dan efisiensi biaya produksi pada skala budidaya komersial. Bagi pembudidaya, penggunaan prebiotik dan probiotik dalam pakan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti antibiotik untuk meningkatkan pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kesehatan ikan, dengan tetap memperhatikan kualitas produk, dosis yang tepat, serta karakteristik spesies ikan yang dibudidayakan agar hasil yang diperoleh lebih maksimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeoye, A. A., Yomla, R., Jaramillo-Torres, A., Rodiles, A., Merrifield, D. L., & Davies, S. J. (2016). "Combined effects of exogenous enzymes and probiotic on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance, intestinal morphology and microbiome". *Aquaculture*, 463, 61–70.
- Ai, Q., Xu, H., Mai, K., Xu, W., Wang, J., & Zhang, W. (2011). "Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performance, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker, *Larimichthys crocea*". *Aquaculture*, 317(1–4), 155–161.
- Akhter, N., Wu, B., Memon, A. M., & Mohsin, M. (2015). "Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review". *Fish & Shellfish Immunology*, 45(2), 733–741.
- Dimitroglou, A., Merrifield, D. L., Carnevali, O., Picchiatti, S., Avella, M., Daniels, C., Güroy, D., & Davies, S. J.



- (2011). "Microbial manipulations to improve fish health and production: a Mediterranean perspective". *Fish & Shellfish Immunology*, 30(1), 1–16.
- Effendie, M. I. (1997). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- FAO/WHO. (2001). *Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation.
- Gatesoupe, F. J. (1999). "The use of probiotics in aquaculture". *Aquaculture*, 180(1–2), 147–165.
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). "Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics". *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401–1412.
- Hoseinifar, S. H., Ringø, E., Masouleh, A. S., & Esteban, M. Á. (2015). "Probiotic, prebiotic and synbiotic supplements in sturgeon aquaculture: a review". *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 89–102.
- Hoseinifar, S. H., Sun, Y. Z., Wang, A., & Zhou, Z. (2018). "Probiotics as means of diseases control in aquaculture: a review of current knowledge and future perspectives". *Frontiers in Microbiology*, 9, 2429.
- Irianto, A., & Austin, B. (2002). "Probiotics in aquaculture". *Journal of Fish Diseases*, 25(11), 633–642.
- Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T. M., Børgwald, J., Castex, M., & Ringø, E. (2010). "The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids". *Aquaculture*, 302(1–2), 1–18.
- Mohapatra, S., Chakraborty, T., Kumar, V., DeBoeck, G., & Mohanta, K. N. (2013). "Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(3), 405–430.
- Nayak, S. K. (2010). "Probiotics and immunity: a fish perspective". *Fish & Shellfish Immunology*, 29(1), 2–14.
- Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T. Ø., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I., & Bakke, A. M. (2010). "Prebiotics in aquaculture: a review". *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 117–136.
- Ringø, E., Zhou, Z., Vecino, J. L. G., Wadsworth, S., Romero, J., Krogdahl, Å., et al. (2016). "Effect of dietary components on the gut microbiota of aquatic animals: a never-ending story?". *Aquaculture Nutrition*, 22(2), 219–282.
- Song, S. K., Beck, B. R., Kim, D., Park, J., Kim, J., Kim, H. D., & Ringø, E. (2014). "Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: a review". *Fish & Shellfish Immunology*, 40(1), 40–48.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). "Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture". *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4), 655–671.
- Wang, Y. B., Li, J. R., & Lin, J. (2008). "Probiotics in aquaculture: challenges and outlook". *Aquaculture*, 281(1–4), 1–4.
- Zhou, Z., Ringø, E., Olsen, R. E., & Song, S. K. (2018). "Dietary effects of soybean products on gut microbiota and immunity of aquatic animals: a review". *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 644–665.