

Training on the Preparation of Probiotic Bacterial Cultures to Improve the Productivity of Tiger Shrimp Ponds

Pelatihan Pembuatan Kultur Bakteri Probiotik untuk Meningkatkan Produktivitas Tambak Udang Windu

Muhammad Amien^{*1}, Nur Indah Mansyur², Nurjannatul Hasanah³, Seftian Sanju Pratama⁴, Adelina Nur Azizah⁴, Fitri⁴, Nur Sakinah⁴, Nuryanti⁴, Anjelina Mariani Ose⁴

¹Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

³Program Studi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

⁴Program Studi Akuakultur Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

*Corresponding email: amien.fpikubt@gmail.com

Received: July 13, 2025; Accepted: October 21, 2025; Published: November 3, 2025.

ABSTRACT

Declining productivity in tiger shrimp aquaculture is often associated with unstable environmental quality and suboptimal pond management, making probiotics a promising environmentally friendly approach to improving water conditions, suppressing disease, and supporting shrimp growth. To enhance farmers' capacity in utilizing probiotics, a community engagement program involving training and hands-on assistance in the preparation of probiotic bacterial cultures was conducted in July 2025 at Mitra Serumpun, Tarakan City. The activities were delivered through lectures, demonstrations, and guided practice that directly involved participants in the fermentation and culture preparation processes. Evaluation results indicated an increase in participants' knowledge and skills related to probiotic fermentation techniques and their application in shrimp ponds. This program contributed to strengthening farmers' readiness to optimize pond management and supported efforts to improve aquaculture productivity and local food security.

Keywords: Probiotics; Bacterial Culture; Tiger Shrimp; Aquaculture; Community Engagement; Productivity

ABSTRAK

Produktivitas budidaya udang windu di berbagai daerah kerap menurun akibat kualitas lingkungan yang tidak stabil dan manajemen pemeliharaan yang kurang optimal, sehingga penggunaan probiotik menjadi alternatif ramah lingkungan untuk memperbaiki kondisi perairan, menekan penyakit, dan mendukung pertumbuhan udang. Untuk meningkatkan kapasitas pembudidaya dalam memanfaatkan probiotik, kegiatan pengabdian masyarakat berupa pelatihan dan pendampingan pembuatan kultur bakteri probiotik dilaksanakan pada Juli 2025 di Mitra Serumpun, Kota Tarakan. Kegiatan dilakukan melalui ceramah, demonstrasi, serta praktik terarah yang melibatkan peserta secara langsung dalam proses pembuatan kultur probiotik. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta mengenai teknik fermentasi dan aplikasi probiotik dalam tambak. Kegiatan ini berkontribusi pada peningkatan kesiapan pembudidaya dalam mengoptimalkan manajemen tambak dan mendukung peningkatan produktivitas serta kemandirian pangan di wilayah setempat.

Kata kunci: Probiotik; Kultur bakteri; Udang windu; Akuakultur; Pengabdian masyarakat; Produktivitas

1. Pendahuluan

Produktivitas budidaya udang windu di berbagai sentra akuakultur menunjukkan kecenderungan menurun akibat ketidakstabilan kualitas air (Anand et al., 2019), praktik pengelolaan yang belum berkelanjutan (Alam, 2024), dan penggunaan bahan kimia sintetis yang dapat merusak keseimbangan mikrobiologis tambak (Waiho et al., 2025). Kondisi tersebut menyebabkan penurunan kesehatan udang, tingginya tingkat mortalitas, dan tidak optimalnya performa produksi. Fenomena ini, menurut Amenyogbe (2023) dan Hancz (2022) menegaskan pentingnya penerapan pendekatan ramah lingkungan seperti probiotik yang berfungsi memperbaiki kualitas media budidaya dan meningkatkan ketahanan organisme.

Provinsi Kalimantan Utara memiliki tambak udang seluas 149.958 ha yang tersebar di empat kabupaten, yaitu Kabupaten Bulungan ±94.030,64 ha, Kabupaten Nunukan ±18.627,80 ha, Kabupaten Tana Tidung ±35.674,87 ha, dan Kota Tarakan ±1.624,57 ha (Nirmala et al., 2022). Pada tahun 2024, luas tersebut meningkat menjadi 171.926,4 ha, menunjukkan potensi besar sektor budidaya udang di wilayah ini. Namun demikian, permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah rendahnya produktivitas tambak udang windu. Hal ini disebabkan oleh kebiasaan pembudidaya yang masih menggunakan pestisida sintetis seperti Thiodan, yang tidak hanya membasmi hama tetapi juga memusnahkan populasi bakteri pengurai di dasar tambak. Akibatnya, kualitas air dan tanah menjadi tidak stabil, sehingga memicu tingginya tingkat kematian udang dan rendahnya hasil panen.

Selain itu, pembudidaya memiliki pengetahuan yang terbatas mengenai cara membuat probiotik serta belum menyadari pentingnya probiotik untuk meningkatkan produksi budidaya udang windu. Menurut Fenster et al. (2019) dan Kieps & Dembczyński (2022), probiotik merupakan mikroorganisme yang dapat diformulasikan menjadi berbagai produk, seperti obat-obatan dan bahan makanan. Bakteri probiotik yang sering digunakan antara lain *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*, serta Khamir *Saccharomyces Cerevisiae* (Ansari et al., 2023; Manshin et al., 2025; Staniszewski & Kordowska-Wiater, 2021). Penjelasan mengenai spesies ini penting karena masing-masing memiliki fungsi biologis yang mendukung perbaikan kualitas lingkungan budidaya.

Sebagai agen pengendali hayati, probiotik dimanfaatkan dalam akuakultur untuk mengendalikan berbagai penyakit (Chattaraj et al., 2022). Selain itu, probiotik memiliki manfaat signifikan dalam memperbaiki kualitas air dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh udang atau ikan (El-Kady et al., 2022; Hassan et al., 2022; Qiu et al., 2023). Probiotik berperan sebagai imunostimulan, menurunkan nilai FCR, menghambat pertumbuhan patogen, menghasilkan antibiotik, dan memperbaiki kualitas air budidaya (Zabidi et al., 2021; Zega et al., 2024). Semua manfaat ini bertujuan untuk meningkatkan produksi usaha perikanan dengan mengoptimalkan pertumbuhan dan meningkatkan daya tahan organisme terhadap patogen. Berdasarkan berbagai penelitian, penggunaan probiotik terbukti bermanfaat untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh (Mazziotta et al., 2023; X. Wang et al., 2021), memperbaiki kualitas air (Hassan et al., 2022), dan menurunkan biaya produksi dengan menekan biaya pakan (Patel et al., 2023). Temuan-temuan ini semakin menguatkan urgensi penerapan probiotik dalam budidaya udang windu di tingkat pembudidaya.

Permasalahan yang dihadapi pembudidaya udang windu adalah seringnya terjadi kematian udang pada masa pemeliharaan memasuki bulan kedua, akibat penurunan kualitas lingkungan baik air maupun tanah tambak (Mustafa et al., 2022). Kualitas air yang fluktuatif berdampak negatif pada ketersediaan pakan alami yang dibutuhkan udang windu, sehingga produksi menjadi rendah atau tidak stabil (Shilman et al., 2025). Rincian permasalahan utamanya meliputi: (1) rendahnya produksi karena kualitas air dan tanah yang menurun serta penggunaan Thiodan yang memperburuk kondisi mikroba pengurai; dan (2) rendahnya pengetahuan pembudidaya mengenai pembuatan dan pentingnya pemberian probiotik. Kedua permasalahan ini saling berkaitan dan menunjukkan perlunya intervensi berbasis edukasi dan pendampingan.

Berdasarkan kondisi tersebut, pelatihan dan pendampingan pembuatan kultur bakteri probiotik sangat penting dilakukan bagi mitra. Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pembudidaya udang windu, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan hasil produksi. Tujuan kegiatan ini mencakup (1) peningkatan pemahaman pembudidaya mengenai peran probiotik, dan (2) peningkatan keterampilan praktis dalam pembuatan probiotik secara mandiri sebagai upaya peningkatan produktivitas tambak.

2. Metode

Program pengabdian masyarakat ini diselenggarakan pada Juli 2025 dan berlokasi di Mamburungan Timur, Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Pemilihan lokasi ini mempertimbangkan kedekatan mitra serta kemudahan akses untuk kegiatan pelatihan dan pendampingan. Kegiatan dirancang untuk memberikan pengalaman langsung kepada pembudidaya dalam proses pembuatan probiotik, sehingga seluruh alat dan bahan yang digunakan diperkenalkan terlebih dahulu. Bahan-bahan yang disiapkan meliputi molase, air, tepung ikan, tape ragi, serta starter probiotik RICA 1, RICA 2, dan RICA 3, sedangkan alat yang digunakan antara lain aerator dan ember. Setiap bahan dijelaskan

fungsiya dalam proses fermentasi, kemudian seluruh bahan dicampurkan dan difermentasi menggunakan sistem aerasi selama 2–3 hari.

Metode pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif dan transfer teknologi untuk memastikan mitra terlibat aktif dalam seluruh rangkaian proses. Pelatihan diawali dengan pemaparan mengenai konsep dasar probiotik untuk budidaya udang windu, mencakup pengertian, manfaat, prinsip kerja, bahan, dosis, dan cara aplikasi. Materi ini disampaikan secara lebih terstruktur untuk memudahkan pemahaman peserta. Sesi presentasi dilanjutkan dengan diskusi interaktif untuk memberikan ruang bagi mitra dalam menyampaikan pertanyaan dan pengalaman di lapangan. Setelah pemaparan teori, kegiatan berlanjut pada praktik langsung berupa pendampingan pembuatan probiotik, yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan peserta secara nyata. Pendampingan dilakukan secara step-by-step untuk memastikan setiap peserta memahami proses pencampuran dan fermentasi probiotik.

Setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai, dilakukan evaluasi terhadap peserta. Evaluasi ini berfokus pada kemampuan dan keterampilan peserta dalam membuat probiotik sesuai standar yang telah ditetapkan serta pemahaman mereka mengenai fungsi dan aplikasi probiotik dalam budidaya. Penilaian dilakukan melalui observasi praktik dan pengukuran pemahaman materi, sehingga hasil evaluasi dapat menggambarkan peningkatan kompetensi peserta secara lebih objektif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Bentuk Kegiatan

Lokasi tambak budidaya udang windu (Mitra) yang berdomisili di Mamburungan Timur Kota Tarakan terletak di Kabupaten Bulungan. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk membantu para pembudidaya tambak udang windu meningkatkan produksi udang. Program ini dihadiri oleh 29 peserta yang menunjukkan antusiasme tinggi dan berpartisipasi aktif di setiap sesi. Rangkaian kegiatannya diawali dengan pemaparan singkat dan diskusi tentang probiotik. Materi yang disampaikan meliputi pengertian, manfaat, prinsip kerja, bahan-bahan, dan dosis yang diperlukan. Setelah itu, fokus kegiatan beralih ke praktik, yaitu pendampingan pembuatan probiotik dan pelatihan pencampuran probiotik dan dosisnya, serta cara pengaplikasiannya. Kegiatan selanjutnya adalah diskusi. Mitra diberikan kesempatan untuk bertanya dan berdiskusi tentang probiotik baik saat pemaparan maupun saat pendampingan pembuatan probiotik. Kegiatan ketiga berupa pendampingan pembuatan probiotik dan kegiatan terakhir adalah pelatihan pencampuran probiotik. Kegiatan penyampaian materi pelatihan dan kultur bakteri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kegiatan Penyampaian Materi

Materi tentang probiotik disajikan dalam bentuk presentasi Power Point yang ringkas dan menarik. Dengan menyertakan gambar dan contoh-contoh nyata, materi menjadi lebih mudah dipahami oleh para mitra dan tidak membosankan. Selain itu, sesi ini dirancang secara interaktif, di mana peserta diberikan kesempatan untuk bertanya dan berdiskusi. Antusiasme yang ditunjukkan oleh peserta selama diskusi menjadi bukti bahwa materi yang disampaikan berhasil menarik perhatian mitra.

Antusiasme peserta selama sesi diskusi dan praktik memperlihatkan tingginya minat terhadap penggunaan probiotik sebagai teknologi peningkatan kualitas tambak. Temuan ini sesuai dengan teori *learning by doing*, di mana keterlibatan langsung peserta dapat mempercepat proses pemahaman dan penerapan teknologi (Niiranen, 2021; Sulayao et al., 2025; Supriatin et al., 2025). Selain itu, keberhasilan peserta dalam mencampur dan memfermentasi probiotik menunjukkan bahwa metode fermentasi sederhana berbahan molase dan kultur bakteri efektif untuk diaplikasikan di tingkat pembudidaya. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa probiotik dapat meningkatkan kualitas air (Hassan et al., 2022), menekan bakteri patogen (Zabidi et al., 2021), dan meningkatkan pertumbuhan udang windu (Chin et al., 2024). Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan, tetapi juga menunjukkan potensi dampak nyata terhadap perbaikan manajemen tambak.

3.2. Tinjauan Hasil Yang Dicapai

Kegiatan ini dirancang di mana para peserta melihat langsung proses pembuatan probiotik dan pencampurannya setiap bahan yang digunakan. Tahap awal dimulai dengan menyiapkan bahan dan alat yang diperlukan, seperti molase, air yang sudah direbus, dedak, tepung ikan, tape ragi, bakteri RICA, aerator, dan ember.

Dalam proses pelatihan, fungsi setiap bahan dijelaskan secara rinci sebelum dicampur. Setelah dicampur, bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam ember yang telah dilengkapi aerasi untuk proses fermentasi selama sekitar 2-3 hari. Hasil yang diharapkan dari program ini adalah tumbuhnya sikap kemandirian pada pembudidaya. Mitra diharapkan mampu mengkultur bakteri (probiotik) sendiri dan mengaplikasikannya secara rutin dalam kegiatan budidaya udang windu.

Selama proses pembuatan probiotik, peserta mampu mengikuti prosedur dengan baik dan memahami fungsi masing-masing bahan. Hal ini terlihat dari kemampuan peserta menjelaskan kembali peran molase sebagai sumber energi bakteri serta dedak dan tepung ikan sebagai sumber nitrogen untuk mendorong pertumbuhan mikroba selama fermentasi. Penggunaan aerasi selama 2-3 hari juga dipahami peserta sebagai langkah penting untuk mendukung pertumbuhan bakteri aerob yang berperan dalam menurunkan amonia dan meningkatkan kualitas air tambak, sebagaimana dijelaskan oleh C. Wang et al. (2022) dan Paul et al. (2020) dalam literatur penelitiannya. Tanda-tanda keberhasilan fermentasi seperti munculnya aroma asam dan gelembung gas dapat diamati, dan peserta mampu mengidentifikasinya dengan benar. Kemampuan ini menunjukkan bahwa pelatihan tidak hanya meningkatkan pengetahuan, tetapi juga mengembangkan keterampilan teknis peserta sehingga mendukung kemandirian mereka dalam memproduksi probiotik secara berkelanjutan.

3.3. Hasil Evaluasi Kegiatan

Selama kegiatan, antusiasme peserta terlihat jelas di setiap sesi, mulai dari presentasi, diskusi, hingga praktik pembuatan dan pencampuran bahan-bahan kultur bakteri probiotik. Berdasarkan umpan balik positif yang diterima, dapat disimpulkan bahwa teknologi yang ditransfer dapat dimengerti dan diterima mitra. Para mitra menunjukkan sikap optimis untuk memulai produksi probiotik secara mandiri. Dengan menerapkan teknologi ini, produksi udang windu dapat meningkat sehingga mampu menopang kehidupan mitra dan mewujudkan kesejahteraan.

Materi probiotik disajikan melalui presentasi Power Point yang ringkas dan menarik. Penggunaan gambar dan contoh-contoh nyata membuat materi lebih mudah dipahami dan tidak membosankan. Selain itu, peserta diberi kesempatan untuk bertanya dan berdiskusi selama sesi, yang menjadi indikator bahwa materi yang disampaikan berhasil menarik perhatian mitra.

Jenis probiotik yang digunakan dalam pelatihan ini adalah mikroorganisme yang biasa ditemukan di pasaran (produk), yaitu *Bacillus Subtilis*, *Lactobacillus*, *Pseudoalteromonas*. Bakteri *Lactobacillus casei* terbukti mampu meningkatkan berat pertumbuhan ikan hasil budidaya (Kong et al., 2020). Selain itu, bakteri ini juga berperan dalam meningkatkan jumlah protein pada lendir ikan. Tingginya protein pada lendir ini berfungsi sebagai sistem pertahanan alami dan non-spesifik, sehingga membuat udang lebih kebal terhadap penyakit.

3.4. Permasalahan dan Hambatan

Ada beberapa kendala yang dihadapi selama kegiatan pengabdian masyarakat ini. Pertama, beberapa peserta belum memiliki pengetahuan dasar tentang probiotik. Selain itu, waktu pelatihan dan pendampingan yang terbatas juga menjadi tantangan, karena kecepatan pemahaman setiap peserta berbeda-beda, sehingga dibutuhkan waktu pelatihan lanjutan. Perbedaan tingkat pemahaman peserta selama pelatihan merupakan hambatan yang cukup signifikan, terutama karena sebagian peserta tidak memiliki pengetahuan dasar mengenai konsep probiotik.

Menurut teori andragogi, kemampuan peserta dewasa sangat dipengaruhi oleh pengalaman dan latar belakang pengetahuan sebelumnya (Bouchrika, 2024), sehingga proses pembelajaran membutuhkan pendekatan bertahap. Selain itu, waktu pelatihan yang relatif singkat menyulitkan peserta untuk mengulang praktik fermentasi secara mandiri sehingga diperlukan sesi lanjutan untuk memastikan kompetensi. Hambatan lain yang ditemukan mencakup keterbatasan peralatan fermentasi dan aerasi yang membuat peserta harus bergantian selama praktik. Meskipun demikian, hambatan tersebut dapat diatasi dengan menyediakan panduan tertulis dan visual sehingga peserta dapat mengulangi proses di rumah atau di lokasi tambak masing-masing.

4. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian kegiatan, program pelatihan pembuatan atau kultur bakteri fermentasi probiotik dapat terlaksana dengan baik dan mampu meningkatkan pemahaman serta keterampilan peserta dalam proses pembuatan dan aplikasi probiotik untuk budidaya udang windu. Teknologi yang disampaikan dapat diterima dan dipahami dengan baik oleh mitra, sehingga membuka peluang bagi pembudidaya untuk mengurangi ketergantungan pada

pestisida sintetis dan beralih ke teknologi budidaya yang lebih ramah lingkungan. Program ini memberikan kontribusi praktis berupa peningkatan kapasitas mitra dalam memproduksi probiotik secara mandiri, serta kontribusi ekologis bagi keberlanjutan tambak melalui perbaikan kualitas lingkungan budidaya.

Meskipun demikian, kegiatan ini masih memiliki keterbatasan, terutama terkait durasi pelatihan yang relatif singkat dan belum dilakukannya pemantauan lanjutan untuk menilai sejauh mana mitra menerapkan probiotik secara konsisten di tambak. Ke depan, diperlukan pendampingan berkelanjutan, evaluasi efektivitas probiotik pada tingkat produksi, serta penguatan modul pelatihan agar manfaat program dapat dioptimalkan dan diterapkan secara jangka panjang oleh seluruh peserta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Borneo Tarakan yang telah diberikan untuk program PKM tahun anggaran 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S. M. N. (2024). Portraying the Bangladesh Shrimp Industry: A SWOT Analysis. *Sustainability*, 16(3), 1290. <https://doi.org/10.3390/su16031290>
- Amenyogbe, E. (2023). Application of probiotics for sustainable and environment-friendly aquaculture management - A review. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2226425>
- Anand, P. S. S., Balasubramanian, C. P., Christina, L., Kumar, S., Biswas, G., De, D., Ghoshal, T. K., & Vijayan, K. K. (2019). Substrate based black tiger shrimp, *Penaeus monodon* culture: Stocking density, aeration and their effect on growth performance, water quality and periphyton development. *Aquaculture*, 507, 411–418. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.031>
- Ansari, F., Alian Samakkhah, S., Bahadori, A., Jafari, S. M., Ziaee, M., Khodayari, M. T., & Pourjafar, H. (2023). Health-promoting properties of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* as a probiotic; characteristics, isolation, and applications in dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(4), 457–485. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1949577>
- Bouchrika, I. (2024). The andragogy approach: Knowles' adult learning theory principles in 2024. *Education*.
- Chattaraj, S., Ganguly, A., Mandal, A., & Das Mohapatra, P. K. (2022). A review of the role of probiotics for the control of viral diseases in aquaculture. *Aquaculture International*, 30(5), 2513–2539. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00915-6>
- Chin, Y. K., Haifa-Haryani, W. O., Nazarudin, M. F., Ahmad, M. I., Azzam-Sayuti, M., Ali, N. S. M., Ngalimat, M. S., Mohamad, A., Ida-Muryany, M. Y., Karim, M., Salleh, A., Norhariani, M. N., Amal, M. N. A., & Ina-Salwany, M. Y. (2024). In vivo assessment of *Lactobacillus plantarum* strains in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*): implications for growth performance, probiotic-pathogen interaction, and defense against AHPND infection. *Aquaculture International*, 32(4), 4091–4122. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01366-3>
- El-Kady, A. A., Magouz, F. I., Mahmoud, S. A., & Abdel-Rahim, M. M. (2022). The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 546, 737249. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737249>
- Fenster, K., Freeburg, B., Hollard, C., Wong, C., Rønhave Laursen, R., & Ouwehand, A. C. (2019). The Production and Delivery of Probiotics: A Review of a Practical Approach. *Microorganisms*, 7(3), 83. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7030083>
- Hancz, C. (2022). Application of Probiotics for Environmentally Friendly and Sustainable Aquaculture: A Review. *Sustainability*, 14(22), 15479. <https://doi.org/10.3390/su142215479>
- Hassan, M. A., Fathallah, M. A., Elzoghby, M. A., Salem, M. G., & Helmy, M. S. (2022). Influence of probiotics on water quality in intensified *Litopenaeus vannamei* ponds under minimum-water exchange. *AMB Express*, 12(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s13568-022-01370-5>
- Kieps, J., & Dembczyński, R. (2022). Current Trends in the Production of Probiotic Formulations. *Foods*, 11(15), 2330. <https://doi.org/10.3390/foods11152330>
- Kong, Y., Li, M., Tian, J., Zhao, L., Kang, Y., Zhang, L., Wang, G., & Shan, X. (2020). Effects of recombinant *Lactobacillus casei* on growth performance, immune response and disease resistance in crucian carp, *Carassius auratus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 99, 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.02.008>
- Manshin, D., Kuntsova, M., Shilenko, A., & Andreeva, A. (2025). Probiotic yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*: properties and peculiarities of use in functional foods development. *Functional Foods in Health and Disease*, 15(5), 296–315. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v15i5.1482>

- Mazziotta, C., Tognon, M., Martini, F., Torreggiani, E., & Rotondo, J. C. (2023). Probiotics Mechanism of Action on Immune Cells and Beneficial Effects on Human Health. *Cells*, 12(1), 184. <https://doi.org/10.3390/cells12010184>
- Mustafa, A., Paena, M., Athirah, A., Ratnawati, E., Asaf, R., Suwoyo, H. S., Sahabuddin, S., Hendrajat, E. A., Kamaruddin, K., Septiningsih, E., Sahrijanna, A., Marzuki, I., & Nisaa, K. (2022). Temporal and Spatial Analysis of Coastal Water Quality to Support Application of Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei* Intensive Pond Technology. *Sustainability*, 14(5), 2659. <https://doi.org/10.3390/su14052659>
- Niiranen, S. (2021). Supporting the development of students' technological understanding in craft and technology education via the learning-by-doing approach. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(1), 81–93. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09546-0>
- Nirmala, K., Pertiwi, S., & Ambarwulan, W. (2022). Analisis kualitas lingkungan dan produktivitas tambak budidaya udang windu sistem teknologi tradisional di Kabupaten Bulungan. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 18(2), 93–104.
- Patel, N., Borase, H., Belewu, M. A., & Krishnamurthy, R. (2023). Production, Cost Analysis, and Marketing of Livestock and Poultry Probiotic. In *Food Microbiology Based Entrepreneurship* (pp. 233–251). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5041-4_13
- Paul, I., Panigrahi, A. K., & Datta, S. (2020). Influence of Nitrogen Cycle Bacteria on Nitrogen Mineralisation, Water Quality and Productivity of Freshwater Fish Pond: A Review. *Asian Fisheries Science*, 33(2).
- Qiu, Z., Xu, Q., Li, S., Zheng, D., Zhang, R., Zhao, J., & Wang, T. (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*, 15(6), 1211. <https://doi.org/10.3390/w15061211>
- Shilman, M. I., Purnamawati, P., Susanti, R., & Redha, A. R. (2025). Performance Kualitas Air Tambak Terhadap Kondisi Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuatiklestari*, 9(1), 125–135.
- Staniszewski, A., & Kordowska-Wiater, M. (2021). Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts—Characteristics and Food Application. *Foods*, 10(6), 1306. <https://doi.org/10.3390/foods10061306>
- Sulayao, J. R. B., Nurdiana, A., & Hartiningrum, C. Y. (2025). Users' Perceptions of Mobile Health Apps: Usability, Communication Enhancement, and Healthcare Service Improvement. *International Journal of Nursing Information*, 4(1), 52–62. <https://doi.org/10.58418/ijni.v4i1.148>
- Supriatin, S., Dioso, R. I., & Hassan, D. D. H. C. (2025). Innovative Mobile Application for Self-Directed Learning in Massage Therapy: Development and Usability Study. *International Journal of Educational Qualitative Quantitative Research*, 4(1), 25–35. <https://doi.org/10.58418/ijeqr.v4i1.106>
- Waiho, K., Ling, Y., Ikhwannuddin, M., Shu-Chien, A. C., Afiqah-Aleng, N., Wang, Y., Hu, M., Liew, H., Kasan, N. A., Peh, J. H., & Fazhan, H. (2025). Current Advances in the Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon* Culture: A Review. *Reviews in Aquaculture*, 17(1). <https://doi.org/10.1111/raq.12958>
- Wang, C., Jiang, C., Gao, T., Peng, X., Ma, S., Sun, Q., Xia, B., Xie, X., Bai, Z., Xu, S., & Zhuang, X. (2022). Improvement of fish production and water quality in a recirculating aquaculture pond enhanced with bacteria-microalgae association. *Aquaculture*, 547, 737420. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737420>
- Wang, X., Zhang, P., & Zhang, X. (2021). Probiotics Regulate Gut Microbiota: An Effective Method to Improve Immunity. *Molecules*, 26(19), 6076. <https://doi.org/10.3390/molecules26196076>
- Zabidi, A., Yusoff, F. M., Amin, N., Yaminudin, N. J. M., Puvanasundram, P., & Karim, M. M. A. (2021). Effects of Probiotics on Growth, Survival, Water Quality and Disease Resistance of Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis* spp.) Fingerlings in a Biofloc System. *Animals*, 11(12), 3514. <https://doi.org/10.3390/ani11123514>
- Zega, A., Laoli, D., Zebua, R. D., Telaumbanua, B. V., Dawolo, J., & Zebua, O. (2024). Pengaruh Probiotik Dalam Sistem Budidaya Ikan Berkelanjutan: Sebuah Pendekatan Berbasis Kajian Pustaka. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 1(1), 30–36.