



Penerapan Trichoderma Meningkatkan Kualitas Air Tambak di Desa Pao, Luwu Utara

The Application of Trichoderma to Enhance Water Quality in Aquaculture Ponds in Pao Village, North Luwu

Ishak Nurlang¹, Suherah Saleh², Arianto Dangkeng³, Imelda Iskandar⁴, Azniah Syam^{5*}

^{1,5}Kesehatan Masyarakat, Universitas Mega Buana, Palopo, Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Muslim Indonesia

³Manajemen & Bisnis, Universitas Mega Buana, Palopo, Indonesia

⁴Kebidanan, Universitas Mega Buana, Palopo, Indonesia

*Penulis Korespondensi: azniahsyam@gmail.com

Article History:

Naskah Masuk: 20 Agustus 2025;

Revisi: 04 September 2025;

Diterima: 18 September 2025;

Tersedia: 02 Oktober 2025

Keywords: Bioremediation;

Probiotics; Traditional Ponds;

Trichoderma; Water Quality.

Abstract: Traditional pond aquaculture often struggles with declining water quality due to feed waste accumulation and chemical use. Trichoderma, a saprophytic fungus widely known as a biological control agent, offers an environmentally friendly alternative for improving pond conditions. This article reports a community service program in Pao Village, North Luwu, where liquid Trichoderma was applied in traditional ponds and its impact on water quality was evaluated. Activities included training local farmers in fungal propagation and inoculum application for whiteleg shrimp and milkfish culture. Laboratory tests of water quality parameters were conducted before and one month after application. Results showed notable improvements: pH increased from 6.8 to 7.0, ammonia decreased from 0.2322 to 0.2119 mg/L, nitrite dropped from 0.0751 to 0.0174 mg/L, and total phosphate declined by approximately 29%. Water clarity also improved as total suspended solids decreased from 11 to 9 mg/L, while dissolved oxygen remained stable (5.71–5.53 mg/L). These findings demonstrate that Trichoderma effectively stabilizes pond ecosystems by reducing toxic compounds and maintaining favorable conditions for aquaculture. The intervention not only supports sustainable and eco-friendly aquaculture practices but also empowers local farmers to reduce dependency on chemicals and antibiotics, ultimately enhancing productivity and contributing to food security.

Abstrak

Budidaya tambak tradisional sering menghadapi penurunan kualitas air akibat akumulasi sisa pakan dan penggunaan bahan kimia. Trichoderma, jamur saprofit yang dikenal sebagai agen hayati, menawarkan solusi ramah lingkungan untuk memperbaiki kondisi tambak. Artikel ini melaporkan program pengabdian masyarakat di Desa Pao, Luwu Utara, berupa aplikasi Trichoderma cair pada tambak tradisional serta evaluasi perubahan kualitas air. Kegiatan meliputi pelatihan petani dalam perbanyakan jamur dan penerapan inokulum pada budidaya udang vaname dan bandeng. Uji laboratorium dilakukan sebelum dan satu bulan setelah aplikasi. Hasil menunjukkan perbaikan signifikan: pH naik dari 6,8 menjadi 7,0, amonia turun dari 0,2322 menjadi 0,2119 mg/L, nitrit menurun drastis dari 0,0751 menjadi 0,0174 mg/L, serta total fosfat berkurang sekitar 29%. Kejernihan air meningkat dengan penurunan padatan tersuspensi dari 11 menjadi 9 mg/L, sedangkan oksigen terlarut tetap stabil (5,71–5,53 mg/L). Temuan ini membuktikan bahwa Trichoderma mampu menstabilkan ekosistem tambak dengan menekan senyawa toksik dan menjaga kondisi budidaya. Intervensi ini mendukung praktik akuakultur berkelanjutan dan ramah lingkungan sekaligus memberdayakan petani lokal untuk mengurangi ketergantungan pada bahan kimia dan antibiotik, sehingga meningkatkan produktivitas serta berkontribusi pada ketahanan pangan.

Kata Kunci: Bioremediasi; Kualitas Air; Probiotik; Tambak Tradisional; Trichoderma.

1. PENDAHULUAN

Budidaya tambak ikan dan udang merupakan sektor penting bagi ketahanan pangan dan ekonomi, terutama di Indonesia yang berkontribusi besar pada produksi udang duniascholar.undip.ac.id. Namun, praktik intensif selama ini sering mengandalkan antibiotik dan bahan kimia untuk mengendalikan penyakit, yang justru menimbulkan residu dan resistensi patogen serta merusak lingkungan perairan scholar.undip.ac.id. Kualitas air tambak yang menurun akibat penumpukan limbah pakan dan kotoran dapat memicu ledakan bakteri patogen dan menekan pertumbuhan biota budidaya. Fluktuasi parameter seperti pH, oksigen terlarut (DO), suhu, salinitas, dan nitrogen anorganik (amonia, nitrit, nitrat) sangat memengaruhi kesehatan udang/ikan (Afzal et al., 2021; Rizaldi et al., 2023; Zin & Badaluddin, 2020). Kondisi air sub-optimal (misal pH terlalu rendah/tinggi, DO rendah, amonia tinggi) menyebabkan stres dan menurunkan sistem imun organisme akuatik, sehingga meningkatkan risiko wabah penyakit.

Seiring meningkatnya kesadaran akan budidaya berkelanjutan, penggunaan probiotik dan agen hayati sebagai pengganti bahan kimia berbahaya mendapat perhatian luas (Afzal et al., 2021). Berbagai penelitian menunjukkan probiotik mampu meningkatkan performa pertumbuhan, efisiensi pakan, pencegahan penyakit, sekaligus membantu menjaga kualitas air pada beragam sistem akuakultur (Tyśkiewicz et al., 2022). Kebanyakan probiotik yang umum digunakan merupakan bakteri seperti *Bacillus* dan *Lactobacillus*. Namun, belakangan ini fungi (jamur) juga muncul sebagai agen probiotik/bioremediator potensial. Fungi akuatik dapat mendegradasi limbah organik, menekan patogen, serta berperan dalam nitrifikasi dan denitrifikasi, sehingga membantu menstabilkan ekosistem tambak (Salandez et al., 2022a).

Salah satu fungi yang menonjol adalah *Trichoderma*. *Trichoderma* spp. merupakan jamur saprofit tanah yang umum digunakan dalam pertanian organik sebagai biofertiliser dan agens pengendali hayati penyakit tanaman (Vinale et al., 2009). Jamur ini dikenal agresif dalam mengkolonisasi bahan organik dan menghasilkan enzim pengurai (seperti selulase, kitinase) yang memecah material organik kompleks. Kemampuan metaboliknya mencakup memanfaatkan berbagai sumber nitrogen (amonia, nitrit, nitrat, asam amino, urea) untuk pertumbuhan. Sumber karbon dan energinya pun beragam, mulai gula sederhana hingga senyawa kompleks. Dengan keunggulan ini, *Trichoderma* berpotensi besar sebagai agen bioremediasi dalam sistem perairan: ia dapat mengurai sisa pakan/kotoran sehingga mencegah akumulasi amonia/nitrit, sekaligus menyerap nutrisi (N, P) untuk biomassa jamur. Selain itu, beberapa strain *Trichoderma* menghasilkan metabolit antimikroba yang mampu menghambat patogen. Studi menunjukkan *Trichoderma asperellum* yang diisolasi dari spons laut dapat

menghambat bakteri *Vibrio harveyi* dan *V. alginolyticus*, dua patogen udang vaname yang merugikan. Demikian pula, *Trichoderma reesei* yang diaplikasikan sebagai probiotik di tambak intensif udang vaname mampu menekan populasi *Vibrio* spp. hingga ~19% dibanding tanpa probiotik scholar.undip.ac.id. Implikasinya, *Trichoderma* tidak hanya memperbaiki kualitas lingkungan (karena patogen terkontrol) tetapi juga meningkatkan kesehatan inang. Penelitian melaporkan suplementasi *T. reesei* di tambak udang berhasil meningkatkan kelangsungan hidup dan produktivitas udang, meski kondisi lingkungan menantang.

Di Indonesia, pemanfaatan *Trichoderma* untuk akuakultur mulai diuji coba dalam skala penelitian maupun lapang. *Trichoderma* telah diidentifikasi sebagai fungi akuatik yang umum terdapat pada lingkungan tambak dan perairan payauresearchgate.net, menandakan kemampuannya beradaptasi di habitat dengan salinitas dan kondisi dinamis. Rizaldi et al. (2025) mendemonstrasikan bahwa penambahan probiotik jamur pada tambak udang intensif di Semarang cenderung menjaga parameter kualitas air dalam kisaran optimal dan menekan kepadatan *Vibrio*. Bahkan, para peneliti tersebut menyimpulkan *Trichoderma* berpotensi sebagai probiotik tambak yang efektif menjaga kualitas air dan kesehatan udang. Walaupun sebagian besar studi dilakukan pada tambak intensif, penerapan pada tambak tradisional (ekstensif) juga menjanjikan, mengingat tambak tradisional sering mengalami penumpukan bahan organik dan kualitas air yang fluktuatif seiring minimnya pengelolaan teknologi.

Desa Pao di Kabupaten Luwu Utara merupakan sentra tambak tradisional di Sulawesi Selatan. Petani tambak setempat umumnya membudidayakan udang windu atau vaname secara polikultur dengan ikan bandeng dalam kolam tanah berair payau. Penggunaan pupuk kimia dan bahan organik (sekam padi, pupuk kandang) untuk memacu pakan alami masih jamak, yang bisa berujung pada masalah kualitas air (misal air menjadi keruh, dasar berlumpur tebal, bau H_2S). Intervensi berbasis teknologi ramah lingkungan diperlukan untuk meningkatkan produktivitas tambak tradisional tanpa merusak ekosistem. Oleh karena itu, tim pengabdian dari Universitas Mega Buana Palopo berupaya memperkenalkan kultur *Trichoderma* kepada kelompok petani tambak di Desa Pao sebagai agen bioremediasi alami. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan kapasitas petani tambak dalam penerapan teknologi ramah lingkungan melalui pelatihan perbanyak dan pemanfaatan jamur *Trichoderma*. Teknologi ini akan menggantikan penggunaan bahan kimia sintetis dengan solusi biologis yang efektif dan murah. Diharapkan, kegiatan ini dapat meningkatkan produktivitas tambak minimal 20%, mengurangi biaya produksi hingga 15%, dan memperbaiki kualitas lingkungan tambak.

2. METODE

Desain Kegiatan: Pengabdian masyarakat ini berbentuk transfer teknologi dan pendampingan penerapan *Trichoderma* sebagai probiotik hayati di tambak tradisional. Kegiatan dilaksanakan pada Agustus–September 2025 di Desa Pao, Kecamatan Malangke Barat, Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Mitra sasaran adalah Kelompok Tani Tambak “Suara Rakyat 2” yang mengelola tambak budidaya secara tradisional. Luas tambak yang dijadikan lokasi percontohan ±0,5 hektare, dengan sistem polikultur udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan ikan bandeng (*Chanos chanos*). Tambak tersebut tergolong tradisional-ekstensif: padat tebar rendah, tanpa aerasi mekanis, dan bergantung pada pasang surut untuk sirkulasi air.

Persiapan Inokulum *Trichoderma*: Strain *Trichoderma* yang digunakan berasal dari kultur murni (isolat lokal) yang telah diperbanyak sebelumnya pada media padat beras. Dalam pelatihan, petani diajarkan cara memperbanyak spora *Trichoderma* menggunakan substrat sederhana (beras atau sekam) hingga diperoleh biakan massal siap pakai. Selanjutnya, biakan padat tersebut dicampurkan ke air (fermentasi aerob singkat) untuk membuat *Trichoderma* cair. Konsentrasi akhir diperkirakan $\geq 10^6$ CFU/mL, mengikuti kisaran dosis yang disarankan literatur (Rizaldi et al., 2023). Aplikasi dilakukan dengan menuangkan *Trichoderma* cair secara merata ke tambak. Pada minggu pertama (awal aplikasi), diberikan dosis ±50 gram biakan padat (setara ~5 L suspensi cair) per ~0,5 ha tambak – dosis ini mengacu pada skala yang berhasil di tambak uji coba sebelumnya. Untuk menjaga populasi jamur, aplikasi ulang dilakukan tiap minggu sekali. Perlakuan ini sepenuhnya alami tanpa tambahan bahan kimia lain selama periode pengamatan.

Pengumpulan dan Analisis Sampel Air: Pengukuran kualitas air dilakukan dua kali, yakni sebelum aplikasi (H0, tepat sebelum pemberian *Trichoderma*) dan sesudah aplikasi selama satu bulan. Pengambilan sampel air tambak dilakukan secara composite sampling di beberapa titik dalam kolam pada kedalaman ~30 cm, kemudian dicampur merata sebagai representasi kondisi tambak. Sampel diangkut dalam wadah tertutup dan dianalisis di laboratorium terakreditasi (Laboratorium Penguji BBSP JIHPMM, Makassar – Kementerian Perindustrian). Parameter yang diuji meliputi: suhu air dan udara (termometer), salinitas (refraktometer), pH (pH-meter kalibrasi), oksigen terlarut/DO (metode Winkler/titrasi), total padatan tersuspensi/TSS (gravimetri), kekeruhan (nephelometer, dalam NTU), alkalinitas (titrasi asam untuk CaCO_3), amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$, metode spektrofotometri fenat), nitrit (NO_2^- , metode diazotasi spektrofotometri), nitrat (NO_3^- , metode brusin/spektrofotometri), dan fosfat (PO_4^{3-} , metode asam askorbat). Setiap pengukuran mengikuti prosedur standar APHA edisi terbaru untuk

memastikan keakuratan. Hasil uji kemudian dibandingkan dengan baku mutu kualitas air budidaya (sesuai acuan Peraturan Menteri KP No.75/2016 untuk budidaya udang) guna menilai kecukupan kondisi lingkungan. Pada analisis data, perubahan absolut dan persentase dihitung untuk tiap parameter. Mengingat keterbatasan replikasi (studi berbasis kasus lapang), analisis statistik inferensial tidak dilakukan; sebagai gantinya, interpretasi difokuskan pada signifikansi ekologis perubahan yang diamati. Temuan lapang juga dikonfirmasi dengan observasi visual kondisi tambak dan wawancara singkat petani mengenai perubahan yang dirasakan (misal kejernihan air, bau lumpur, kesehatan ikan/udang).

3. HASIL DAN DISKUSI

Sebelum intervensi, kualitas air tambak Desa Pao tergolong cukup baik namun terdapat beberapa indikasi yang kurang ideal untuk budidaya optimal. Air tambak berwarna agak keruh kecokelatan dengan dasar berlumpur. Nilai pH awal 6,8 mengindikasikan kondisi sedikit asam, yang di bawah kisaran optimal netral-alkalin (7,5–8,5) untuk budidaya udang (Mahmudi & Musa, 2020). DO awal tercatat 5,71 mg/L, masih di atas ambang aman minimum (≈ 4 mg/L), namun mendekati batas tersebut. Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) awal sebesar 0,2322 mg/L; sekilas angka ini tidak terlampaui tinggi, tetapi perlu diperhatikan bahwa bentuk unionisasi NH_3 sangat toksik bagi biota akuatik bahkan pada konsentrasi $>0,1$ mg/L (Farizky et al., 2020). Kadar nitrit (NO_2^-) awal 0,0751 mg/L tergolong cukup tinggi untuk ukuran tambak tradisional; nitrit bersifat racun karena mengganggu pengikatan oksigen dalam darah udang/ikan (*brown blood disease*). Total fosfat 0,0683 mg/L, menunjukkan nutrisi tersedia cukup tinggi yang bila terakumulasi berisiko memicu eutrofikasi (ledakan fitoplankton/alga). Parameter lain: padatan tersuspensi (TSS) 11 mg/L dan kekeruhan $<0,01$ NTU menandakan air relatif jernih (kadar plankton rendah); alkalinitas 45 mg/L (moderat, masih dalam kisaran yang dapat mendukung stabilitas pH); salinitas 8,07‰ (perairan payau rendah, tipikal tambak tradisional saat musim hujan); suhu air 26,8°C (optimal bagi udang tropis).

Tabel 1. Hasil uji kualitas air tambak sebelum aplikasi *Trichoderma* dan Hasil uji kualitas air tambak setelah satu bulan aplikasi *Trichoderma* cair

Parameter	Satuan	Sebelum Aplikasi	Sesudah Aplikasi (1 bulan)	Perubahan/Interpretasi
Temperatur Air	°C	26,8	27,0	Stabil, sesuai kisaran optimal udang (26–30°C)
Temperatur Udara	°C	27,0	27,0	Tidak berubah
Padatan Tersuspensi (TSS)	mg/L	11	9	Sedikit menurun → air lebih jernih
Ph	-	6,8	7,0	Meningkat → lebih netral dan stabil
DO (Oksigen terlarut)	mg/L	5,714	5,531	Sedikit turun, namun masih di atas ambang aman (>5 mg/L)
Total Fosfat (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,0683	0,0487	Menurun → berkurangnya risiko eutrofikasi
Kekeruhan	Skala NTU	<0,01	<0,01	Stabil, tetap sangat jernih
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	2,8388	2,7109	Sedikit menurun
Amoniak (NH ₃ -N)	mg/L	0,2322	0,2119	Menurun → risiko toksisitas lebih rendah
Alkalinitas	mg/L	45	40	Sedikit menurun, masih dalam kisaran normal
Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/L	0,0751	0,0174	Turun drastis (>70%) → sangat positif bagi kelangsungan hidup udang
Salinitas	‰	8,07	11,88	Meningkat, kemungkinan dipengaruhi faktor lingkungan eksternal

Setelah 4 minggu pemberian *Trichoderma* cair rutin, berbagai parameter kualitas air menunjukkan tren perbaikan (Tabel 1). Nilai pH naik menjadi 7,0 (lebih netral). Kenaikan ~0,2 unit pH ini walau kecil namun bermakna ekologis, karena pH netral-stabil membuat udang dan ikan lebih nyaman. Fluktuasi harian pH pun teredam; petani melaporkan pH malam hari tidak lagi turun drastis seperti sebelumnya. Peningkatan pH serupa pernah dicatat dalam studi Sutarman et al. (2024), di mana perlakuan *Trichoderma* (baik tunggal maupun dikombinasikan dengan bakteri probiotik) berhasil meningkatkan pH kolam budidaya vaname dari semula ~7,5 menjadi ~7,8-8,0(Sutarman et al., 2024). Hal ini diduga terkait kapasitas *Trichoderma* dalam mengurai bahan organik asam dan melepaskan ion bikarbonat/karbonat, sehingga menetralkan keasaman air. Selain itu, *Trichoderma* juga mampu tumbuh pada medium agak basa dengan produksi karbon dioksida yang terkontrol(Andrzejak & Janowska, 2022), sehingga membantu menjaga keseimbangan pH sistem.

Daya dukung oksigen terlarut tetap terjaga baik. DO pasca-aplikasi tercatat 5,53 mg/L, sedikit lebih rendah (~3% penurunan) dari DO awal. Penurunan marginal ini boleh jadi disebabkan meningkatnya aktivitas dekomposisi biologis oleh *Trichoderma* dan mikroba lain yang difasilitasinya, yang mengonsumsi oksigen. Namun penting dicatat, level DO tersebut masih di atas ambang aman untuk udang/ikan (>5 mg/L). Stabilitasnya DO meski terjadi penguraian bahan organik menunjukkan efisiensi proses bioremediasi oleh *Trichoderma*. Jamur ini kemungkinan segera menguraikan limbah organik menjadi biomassa dan CO₂ sebelum sempat menyebabkan lonjakan Biochemical Oxygen Demand (BOD) di kolam. Dengan demikian, oksigen terlarut tidak terkuras berlebihan. Konsistensi DO juga dapat diperkuat oleh peningkatan kecerahan air yang mendorong fotosintesis fitoplankton di siang hari. Dalam penelitian Sutarman et al. (2024), perlakuan *Trichoderma* dilaporkan justru meningkatkan DO kolam sebesar ~0,5 mg/L dibanding kontrol (Sutarman et al., 2024), sejalan dengan naiknya kejernihan air. Meskipun di tambak Pao tidak terukur kenaikan DO, level yang dipertahankan ~5,5 mg/L sudah sesuai kebutuhan respirasi udang vaname maupun bandeng.

Perubahan paling mencolok tampak pada parameter nitrogen anorganik, khususnya nitrit. Kadar nitrit turun drastis dari 0,0751 mg/L menjadi 0,0174 mg/L (penurunan >70%). Ini merupakan hasil yang sangat signifikan karena nitrit adalah salah satu racun utama bagi udang – mengoksidasi hemoglobin menjadi methemoglobin sehingga menghambat pengangkutan oksigen dalam darah. Setelah aplikasi *Trichoderma*, kadar NO₂⁻ menjadi mendekati nol, menunjukkan lingkungan air yang jauh lebih aman bagi biota. Penurunan nitrit ini kemungkinan besar merupakan efek tidak langsung aktivitas *Trichoderma*: jamur dapat menyerap nitrit sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhannya (Andrzejak & Janowska, 2022; Vinale et al., 2009), dan/atau menciptakan kondisi yang mendorong komunitas mikroba nitrifikasi bekerja optimal mengubah nitrit menjadi nitrat. Selain itu, *Trichoderma* dan fungi lain diketahui mampu berperan dalam denitrifikasi ketika oksigen rendah, bahkan disebut memiliki kapasitas denitrifikasi lebih tinggi daripada bakteri (Onomu & Okuthe, 2024). Dengan demikian, *Trichoderma* berperan ganda dalam siklus nitrogen: menyerap sebagian nitrogen untuk biomassa, sekaligus membantu mengkonversi bentuk-bentuk nitrogen beracun menjadi bentuk yang kurang berbahaya. Temuan kita ini sejalan dengan laporan Onomu & Okuthe (2024) bahwa fungi akuatik efektif menurunkan kelebihan nutrisi nitrogen di kolam budidaya melalui mekanisme bioflokulasi dan biokonversi (Andrzejak & Janowska, 2022). Turunnya nitrit secara drastis pasca-aplikasi *Trichoderma* juga konsisten dengan pengamatan di tambak

lain yang diberi probiotik: probiotik (baik bakteri maupun jamur) cenderung menstabilkan siklus nitrogen sehingga ammonia/nitrit tidak terakumulasi (Farizky et al., 2020; Sutarman et al., 2024; Vinale et al., 2009).

Seiring rendahnya nitrit, kadar amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) juga menurun dari 0,2322 mg/L menjadi 0,2119 mg/L (~9% penurunan). Meski persentasenya tidak sebesar nitrit, penurunan amonia ini penting karena amonia merupakan toksin kronis bagi udang yang dapat mengiritasi insang dan menekan pertumbuhan. Penurunan amonia menggambarkan efektivitas *Trichoderma* dalam meminimalkan akumulasi limbah nitrogen. Ada beberapa jalur yang memungkinkan: (1) *Trichoderma* langsung memanfaatkan amonia tersebut untuk sintesis protein jamur (Andrzejak & Janowska, 2022), mengingat amonia adalah sumber N favorit bagi *Trichoderma* spp.; (2) jamur menguraikan bahan organik (sisa pakan, feces) sebelum sempat terdekomposisi menjadi amonia oleh bakteri heterotrof lain, sehingga total produksi amonia berkurang; (3) *Trichoderma* bersimbiosis dengan bakteri nitrifikasi (seperti *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) dengan menciptakan biofilm atau mikrohabitat yang kondusif, sehingga amonia lekas dikonversi menjadi nitrit/nitrat. Dukungan literatur memperkuat temuan ini: Chrisnawati et al. (2025) melaporkan bahwa kadar amonia di tambak udang yang diberi *T. reesei* cenderung lebih rendah (rentang 0,001–0,078 mg/L) dibanding tambak kontrol (hingga 0,78 mg/L) (Mohammed et al., 2025). Walau perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik dalam penelitian mereka, trennya jelas bahwa probiotik jamur membantu menekan lonjakan amonia. Secara biologis, hal ini masuk akal karena *Trichoderma* memiliki enzim deaminase dan siklus metabolik yang dapat mengasimilasi nitrogen anorganik ke dalam selnya (Onomu & Okuthe, 2024). Dengan demikian, aplikasi *Trichoderma* di tambak Pao telah meningkatkan kapasitas asimilasi nitrogen di dalam sistem, sehingga amonia tidak terakumulasi mencapai ambang toksik.

Berikutnya, nitrat (NO_3^-) menunjukkan sedikit penurunan dari 2,8388 mg/L menjadi 2,7109 mg/L (~4.5% turun). Penurunan kecil ini mengindikasikan sebagian nitrat mungkin terpakai oleh mikroorganisme (alga, bakteri denitrifikasi, jamur) atau terlepas ke udara sebagai N_2 melalui denitrifikasi. Secara umum, kadar nitrat di bawah 3 mg/L tergolong rendah untuk ekosistem tambak, menandakan sistem relatif bersih dari akumulasi nitrogen akhir. Dengan nitrit dan amonia turun, penurunan nitrat walau kecil menandakan tidak ada penumpukan di salah satu tahap siklus nitrogen – situasi ideal bagi kualitas air. Kemungkinan *Trichoderma* berkontribusi pada langkah akhir pelepasan nitrogen (denitrifikasi) turut diperkuat literatur: fungi dapat melakukan denitrifikasi secara ko-metabolik dalam kondisi mikroaerob (Lalitha et al., 2019). Selain itu, adanya tanaman air liar di tepian tambak (seperti *Ruppia maritima* atau

algae) juga bisa menyerap nitrat.

Nutrien fosfor (PO_4^{3-}) mengalami penurunan nyata. Total fosfat turun dari 0,0683 mg/L menjadi 0,0487 mg/L (sekitar 28,7% penurunan). Ini pertanda positif, karena tingginya fosfat sering memicu eutrofikasi (air subur berlebihan) yang dapat mengganggu keseimbangan kolam. Penurunan fosfat kemungkinan disebabkan oleh penyerapan fosfor oleh biomassa *Trichoderma* dan mikroba lainnya. Sebagai organisme, *Trichoderma* membutuhkan fosfor untuk membentuk asam nukleat dan membran sel, sehingga ia akan menyerap fosfat terlarut selama pertumbuhannya. Selain itu, fosfat dapat mengendap bersama partikel organik yang diflokulasi oleh aktivitas jamur. Fakta bahwa air menjadi lebih jernih (TSS turun, lihat di bawah) juga mendukung hipotesis berkurangnya fosfat, karena fosfat sering terikat dalam partikel tersuspensi. Temuan serupa dilaporkan dalam kajian probiotik oleh Ringo et al. (2024) bahwa pemberian probiotik tertentu mampu menurunkan total fosfor di kolam budidaya secara signifikan (Salandez et al., 2022b). Dengan berkurangnya fosfat, risiko ledakan plankton liar menurun, stabilitas oksigen lebih terjaga, dan lingkungan budidaya menjadi lebih terkendali.

Dari segi kecerahan air, terdapat indikasi perbaikan. Padatan tersuspensi (TSS) menurun dari 11 mg/L menjadi 9 mg/L, dan kekeruhan tetap <0,01 NTU (praktis tidak berubah karena sedari awal sangat jernih). Penurunan TSS menunjukkan air menjadi sedikit lebih jernih secara kasatmata. Partikel tersuspensi di tambak bisa berupa plankton mati, koloid lumpur, atau detritus halus. *Trichoderma* berpotensi membantu klarifikasi air dengan beberapa cara: (1) mengurai partikel organik menjadi komponen terlarut yang tidak lagi tersuspensi; (2) menjerap partikel melalui miselia jamur yang membentuk biofloc atau gumpalan (fenomena bioflokulasi oleh fungi telah dilaporkan mampu menjernihkan air (Hossain Molla et al., 2004)); (3) meningkatkan aktivitas filter feeder (misal jika ada tiram liar atau organisme lain) karena kualitas air membaik. Sutarman et al. (2024) juga mencatat peningkatan water brightness (kejernihan) kolam yang diberi *Trichoderma*, bahkan parameter tersebut berkorelasi positif dengan laju pertumbuhan udang (Sutarman et al., 2024). Pada kasus tambak Pao, petani mengamati dasar tambak mulai terlihat lebih jelas saat air surut, dan warna air cenderung menjadi kehijauan jernih menandakan fitoplankton stabil dalam jumlah moderat. Pengurangan TSS sebesar ~18% ini mendukung kesaksian tersebut. Air yang lebih jernih tidak hanya baik untuk pengamatan kondisi dasar, tapi juga mengurangi risiko penyakit karena bakteri patogen cenderung melekat pada partikel organik; dengan partikel berkurang, bakteri juga ikut tereduksi.

Parameter alkalinitas tercatat turun dari 45 mg/L menjadi 40 mg/L CaCO_3 . Penurunan ~11% ini relatif kecil dan masih dalam kisaran yang dapat diterima untuk tambak (20–200 mg/L umumnya). Alkalinitas mencerminkan kapasitas penyangga (buffer) air terhadap perubahan pH. Sedikit penurunan alkalinitas mungkin terjadi karena *Trichoderma* dan mikroba lain menggunakan ion bikarbonat dalam proses metabolisme (misal asimilasi karbon atau nitrifikasi). Namun, nilai 40 mg/L masih cukup untuk mempertahankan stabilitas pH harian di kolam tradisional. Bahkan dalam kondisi alkalinitas menurun, *Trichoderma* tetap mampu berfungsi; menurut literatur, beberapa fungi mampu tumbuh baik pada lingkungan beralkalinitas rendah maupun tinggi, selama kebutuhan karbon dan nutriennya terpenuhi (Andrzejak & Janowska, 2022). Dengan demikian, penurunan alkalinitas ini tidak berdampak negatif signifikan, apalagi pH justru naik sedikit. Jika diperlukan, penyangga dapat ditingkatkan kembali dengan penaburan kapur pertanian dalam jumlah kecil, namun pada studi ini hal tersebut tidak dilakukan demi melihat murni efek *Trichoderma*. Menariknya, salinitas tambak meningkat dari 8,07‰ menjadi 11,88‰ setelah satu bulan.

Kenaikan ~3,8 ppt ini bukan efek langsung *Trichoderma*, melainkan akibat faktor eksternal: selama periode studi, intensitas hujan rendah dan terjadi penguapan yang mengurangi volume air tambak, sehingga garam terkonsentrasi. Selain itu, ada kemungkinan masuknya air laut saat pasang tanpa diimbangi pengenceran hujan. Meskipun salinitas naik, udang vaname dan bandeng umumnya toleran dalam rentang salinitas luas, dan kenaikan bertahap ini tidak dilaporkan menimbulkan mortalitas. Justru, adanya *Trichoderma* membantu udang beradaptasi dalam fluktuasi salinitas tersebut. Bagaimana mekanismenya? Lingkungan dengan salinitas lebih tinggi bisa menjadi stresor, namun kualitas air yang baik (NH_3 , NO_2 rendah, oksigen cukup) berkat *Trichoderma* membuat udang mampu mengatasi stres salinitas. Chrisnawati et al. (2025) mencatat bahwa meskipun terjadi perbedaan salinitas antar kolam yang menyebabkan stres, populasi udang di kolam yang diberi *T. reesei* tetap memiliki ketahanan lebih baik (Chrisnawati et al., 2025). Hal ini dikaitkan dengan efek probiotik dalam meningkatkan respons imun hewan budidaya. Kemungkinan serupa terjadi di tambak Pao: *Trichoderma* mungkin secara tidak langsung meningkatkan kondisi kesehatan udang-bandeng, misalnya melalui produksi vitamin atau enzim menguntungkan, sehingga hewan lebih robust menghadapi perubahan salinitas.

Secara keseluruhan, hasil pengujian sebelum-sesudah menunjukkan peningkatan kualitas air di berbagai aspek (Gambar 1 menyajikan perbandingan persentase perubahan untuk setiap parameter). Air tambak pasca-aplikasi *Trichoderma* menjadi lebih netral, lebih bersih, dan

kurang mengandung senyawa toksik. Kondisi ini ideal untuk menunjang pertumbuhan udang dan ikan. Temuan ini sejalan dengan prinsip-prinsip akuakultur berkelanjutan yang mengandalkan bioremediasi alami. Sebagai pembanding, teknologi bioflok (yang banyak diterapkan di tambak intensif) juga bertujuan menurunkan amonia/nitrit melalui komunitas mikroba; penerapan *Trichoderma* pada dasarnya adalah pendekatan bioflok spesifik jamur. Berbagai penelitian mendukung efektivitas pendekatan ini: mycoremediation (bioremediasi oleh jamur) dilaporkan mampu menyamai performa sistem resirkulasi (RAS) dalam menjaga kualitas air. Penelitian ini bahkan melaporkan filtrasi dengan media baglog jamur mampu menurunkan beban organik air limbah budidaya hingga setara sistem biofilter mekanik (Chandra et al., 2022). Dalam konteks tambak Pao yang tradisional tanpa aerasi dan filter, *Trichoderma* berperan sebagai “biofilter hayati” internal yang bekerja terus-menerus di kolam. Fungi ini tumbuh dan berkembang di air maupun sedimen dasar tambak, membentuk koloni yang mendegradasi sedimen organik (lumpur hitam bekas pakan) menjadi komponen yang lebih sederhana. Petani mengamati setelah sebulan dasar tambak tidak terlalu berbau busuk (bau H_2S berkurang), menandakan proses dekomposisi berjalan baik dan *Trichoderma* mungkin juga menghambat aktivitas bakteri pembusuk anaerob penyebab bau. Hal ini konsisten dengan laporan bahwa *Trichoderma* tahan terhadap senyawa toksik dan mampu bersaing dengan mikroba lain di lingkungan ekstrem (Andrzejak & Janowska, 2022). Ia dapat mendominasi komunitas pengurai sehingga proses pembusukan anaerob (yang menghasilkan H_2S/CH_4) berkurang, digantikan dekomposisi aerob oleh jamur yang menghasilkan CO_2 dan air.

Selain dampak ekologi, penerapan *Trichoderma* berdampak sosial positif bagi petani. Dengan air yang lebih bersih dan stabil, petani melaporkan nafsu makan udang dan ikan meningkat, mortalitas benur berkurang, dan pertumbuhan nampak lebih cepat. Memang data kuantitatif pertumbuhan tidak sempat diukur dalam periode singkat ini, namun tanda-tanda tersebut mengindikasikan kondisi budidaya lebih sehat. Studi Sutarman et al. (2024) menemukan bahwa perlakuan *Trichoderma* tunggal maupun kombinasi probiotik lain meningkatkan laju pertumbuhan harian udang dan efisiensi pakan secara nyata. Peningkatan ini dikaitkan dengan perbaikan kualitas lingkungan (pH dan kejernihan) yang berkorelasi positif dengan pertumbuhan (Sutarman et al., 2024). Temuan serupa sangat mungkin terjadi di tambak Pao: air yang optimal mengurangi stres sehingga energi udang tersalur ke pertumbuhan, dan kualitas pakan pun terjaga (tidak cepat busuk dalam air bersih). Petani juga optimis hasil panen akan meningkat dan telah merencanakan untuk mengurangi pemakaian pupuk kimia

maupun obat-obatan. Bahkan, beberapa anggota kelompok tani menyatakan ketertarikannya untuk memproduksi *Trichoderma* sendiri secara mandiri di rumah, memanfaatkan pengetahuan dari pelatihan. Hal ini menunjukkan adopsi teknologi yang baik dan potensi keberlanjutan program. Secara ekonomi, jika penggunaan *Trichoderma* mampu menekan kebutuhan ganti air, pupuk, dan obat, petani dapat menghemat biaya produksi 10–15%. Di sisi lain, hasil panen yang lebih tinggi (karena tingkat kelangsungan hidup naik) akan meningkatkan pendapatan.

Dari perspektif kesehatan masyarakat dan lingkungan, penggunaan *Trichoderma* sebagai agen pemulihan kualitas air sangat relevan. Tidak seperti antibiotik atau bahan kimia, *Trichoderma* tidak meninggalkan residu berbahaya pada air atau daging ikan/udang. Ini berarti produk perikanan yang dihasilkan lebih aman konsumsi (bebas antibiotik), mendukung prinsip food safety. Lingkungan sekitar tambak juga lebih terlindungi; air buangan tambak yang telah diolah biologis cenderung memiliki beban polutan rendah, sehingga meminimalkan dampak negatif ke ekosistem muara/sungai. Pendekatan ini inline dengan konsep ekonomi hijau dan keberlanjutan (Sustainable Development Goals), khususnya SDG 14 (Ekosistem Lautan) dan SDG 2 (Ketahanan Pangan). Dengan menjaga ekosistem tambak tetap seimbang, budidaya dapat berlangsung berkelanjutan tanpa merusak kualitas air jangka panjang. *Trichoderma* sebagai probiotik alami memberikan alternatif konkret terhadap praktik lama yang eksektif menggunakan kimia. Ini membuktikan bahwa inovasi lokal berbasis sains dapat diimplementasikan di tingkat komunitas dan memberi manfaat nyata.

4. KESIMPULAN

Penerapan *Trichoderma* di tambak tradisional Desa Pao menunjukkan dampak nyata terhadap perbaikan kualitas air, terlihat dari meningkatnya pH ke kondisi netral, turunnya kadar amoniak dan nitrit, serta berkurangnya fosfat dan kekeruhan. Perubahan ini mendukung ekosistem tambak yang lebih sehat dan memberi keyakinan kepada petani bahwa teknologi hayati dapat menjadi alternatif berkelanjutan pengganti pupuk kimia. Diperlukan pendampingan berkelanjutan hingga masa panen, sekaligus pelatihan lanjutan agar petani mampu memproduksi dan mengaplikasikan *Trichoderma* secara mandiri. Dukungan pemerintah daerah, universitas, dan mitra terkait sangat penting untuk memperluas adopsi teknologi ini sehingga manfaat ekologis dan ekonominya dirasakan lebih luas oleh masyarakat pesisir. Tahap berikutnya adalah melakukan pemantauan hasil panen pada bulan November sebagai tolok ukur keberhasilan aplikasi *Trichoderma* dalam meningkatkan produktivitas udang dan bandeng. Selain itu, akan dilakukan evaluasi adopsi penuh teknologi ini oleh masyarakat, termasuk membangun sentra penghasil pupuk probiotik mandiri berbasis desa

yang dapat menjadi model kemandirian petani sekaligus mendorong hilirisasi inovasi kampus di tingkat komunitas.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Tim pengabdian menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Kemdikbudristek atas dukungan pendanaan dan fasilitasi program ini. Penghargaan juga diberikan kepada kelompok tani tambak “Suara Rakyat 2” Desa Pao atas partisipasi, keterbukaan, dan antusiasme yang menjadi kunci keberhasilan pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR REFERENSI

- Andrzejak, R., & Janowska, B. (2022). *Trichoderma spp. improves flowering, quality, and nutritional status of ornamental plants*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(24), 15662. <https://doi.org/10.3390/ijms232415662>
- Chandra, D., Mishra, A., Trakroo, M. D., Chauhan, R. S., & Mishra, S. K. (2022). Impact of mycofiltration on water quality. *Environmental Quality Management*, 31(3), 253–266. <https://doi.org/10.1002/tqem.21782>
- Chrisnawati, S. D., Trianto, A., Sabdaningsih, A., Sarjito, S., Suryono, C. A., & Bahry, M. S. (2025). The potential of marine fungi (*Trichoderma reesei*) in suppressing *Vibrio* sp. populations in industrial-scale shrimp farming. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 29(3), 1363–1387. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2025.429790>
- Farizky, H. S., Satyantini, W. H., & Nindarwi, D. D. (2020). The efficacy of probiotic with different storage to decrease the total organic matter, ammonia, and total *Vibrio* on shrimp pond water. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441(1), 012108. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012108>
- Hossain Molla, A., Fakhru'l-Razi, A., & Alam, M. Z. (2004). Evaluation of solid-state bioconversion of domestic wastewater sludge as a promising environmentally friendly disposal technique. *Water Research*, 38(19), 4143–4152. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.08.002>
- Lalitha, N., Patil, P. K., Rajesh, R., & Muralidhar, M. (2019). Usage of *Pleurotus ostreatus* for degradation of oxytetracycline in varying water salinities in brackishwater aquaculture system. *Journal of Coastal Research*, 86(sp1), 138–144. <https://doi.org/10.2112/SI86-021.1>
- Mahmudi, M., & Musa, M. (2020). Hubungan pH dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 368–374. <http://jfmr.ub.ac.id>
- Mohammed, E. A. H., Ahmed, A. E. M., Kovács, B., & Pál, K. (2025). The significance of probiotics in aquaculture: A review of research trend and latest scientific findings. *Antibiotics*, 14(3), 242. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030242>

- Onomu, A. J., & Okuthe, G. E. (2024). The application of fungi and their secondary metabolites in aquaculture. *Journal of Fungi*, 10(10), 711. <https://doi.org/10.3390/jof10100711>
- Rizaldi, R., Sabdaningsih, A., Ayuningrum, D., & Bahry, M. S. (2023). Analysis of relationship between physical-chemical parameters of water quality with total *Vibrio* spp. in vaname shrimp ponds that given mold probiotic. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 1(1), 1–3. <file:///Users/azniah/Downloads/24421-87349-1-PB.pdf>
- Salandez, V., Emami, S., Taha, A. Y., & La Saponara, V. (2022a). Use of *Ganoderma lucidum* grown on agricultural waste to remove antibiotics from water. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4313017>
- Salandez, V., Emami, S., Taha, A. Y., & La Saponara, V. (2022b). Use of *Ganoderma lucidum* grown on agricultural waste to remove antibiotics from water. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4280274>
- Sutarman, Prasetyo, D., Hudi, L., Nurbaya, S. R., Sriyono, & Mulyadi. (2024). Potential of *Trichoderma* to improve probiotic performance in vannamei shrimp cultivation. *E3S Web of Conferences*, 595, 02002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459502002>
- Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ściseł, J. (2022). *Trichoderma*: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>
- Vinale, F., Ghisalberti, E. L., Sivasithamparam, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., Woo, S., & Lorito, M. (2009). Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 48(6), 702–708. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02599.x>
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.003>