

Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dengan Fermentasi Limbah Tuna (*Thunnus albacares*) Sebagai Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Stefanus Takege¹, Indra Cahyono^{2*}, Wayan Kantun³

^{1,2,3}Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa

Email correspondence*: indracahyono@itbm.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of the use of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fermented with tuna waste (*Thunnus albacares*) on the growth, feed efficiency, and survival of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fermentation is carried out using *Lactobacillus* sp. and *Saccharomyces cerevisiae* for five days in anaerobic conditions at 35°C. A complete randomized design was used with four fermentation dose treatments (0, 10, 20, and 30 ml/kg feed) as well as three replicas. The results showed that a fermentation dose of 20 ml/kg resulted in the highest absolute weight growth (167.6 ± 11.24 g), the best specific growth rate, the lowest feed conversion ratio (FCR) (0.81), and the highest survival rate ($93.3 \pm 1.92\%$). Excessive fermentation doses (30 ml/kg) reduce feed digestibility due to increased crude fiber. Statistical analysis showed a significant influence ($p < 0.05$) between treatment on growth and feed efficiency. The results indicate that fermentation of fish stomach waste at moderate doses can increase the nutritional value of water hyacinth and support the concept of zero waste aquaculture using environmentally friendly local materials.

Keywords: *Eichhornia crassipes*, fermentation, *Oreochromis niloticus*, feed, *Thunnus albacares*

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan sektor strategis dalam pengembangan perikanan budidaya di Indonesia karena kemampuan adaptasi tinggi, pertumbuhan relatif cepat, serta permintaan pasar yang stabil. Namun, biaya pakan yang dapat mencapai 60–70% dari total biaya operasional menjadi hambatan utama peningkatan produktivitas dan keuntungan usaha, sehingga dibutuhkan sumber pakan alternatif yang berkualitas, ekonomis, dan berkelanjutan, (Cahya et al., 2022; Siddik et al., 2024).

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah gulma perairan invasif yang tumbuh cepat dan menutupi badan air, menurunkan oksigen terlarut, mengganggu transportasi, dan menurunkan hasil perikanan, (Prasetyo et al., 2021; Pratiwi & Andhikawati, 2021). Di sisi lain, eceng gondok mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan ikan, (Prasetyo et

al., 2021; Pratiwi & Andhikawati, 2021). Beberapa kajian menunjukkan bahwa tepung eceng gondok dapat diformulasikan menjadi pakan dengan kadar protein sekitar 30% yang sesuai untuk ikan budidaya di daerah tropis, (Prasetyo et al., 2021).

Keterbatasan utama eceng gondok sebagai bahan pakan adalah kandungan serat kasar dan lignoselulosa tinggi yang menurunkan pencernaan. Upaya peningkatan kualitasnya dilakukan melalui fermentasi atau pengolahan lain, yang terbukti dapat menurunkan serat kasar dan meningkatkan kandungan protein serta pencernaan, termasuk saat diterapkan pada eceng gondok maupun limbah pertanian lainnya, (Cahya et al., 2022; Prasetyo et al., 2021). Penelitian pada ikan nila menunjukkan bahwa berbagai bahan nabati terfermentasi (misalnya bungkil bunga matahari, campuran beberapa bungkil nabati, tongkol jagung, sekam padi) dapat

menggantikan sebagian tepung ikan tanpa menurunkan pertumbuhan, efisiensi pakan, dan status fisiologis, (Awad et al., 2024; El-Ghafloul et al., 2025; Hassaan et al., 2018; Van Doan et al., 2025).

Limbah ikan, termasuk limbah pengolahan tuna, merupakan sumber protein hewani potensial dengan kandungan protein dan asam amino yang tinggi, tetapi sering belum dimanfaatkan optimal dan berpotensi menjadi pencemar lingkungan, (Sampathkumar et al., 2023; Tropea et al., 2021). Fermentasi limbah ikan, baik sendiri maupun dikombinasikan dengan limbah lain seperti kulit jeruk mampu meningkatkan kadar protein hingga ± 48 – 55% , memperkaya lemak, dan menghasilkan produk kaya mikroorganisme menguntungkan yang layak dijadikan bahan baku pakan akuakultur, (Sampathkumar et al., 2023; Tropea et al., 2021). Pemanfaatan berbagai limbah pangan dan limbah perikanan sebagai sumber protein pakan menjadi salah satu pilar penting dalam pengembangan akuakultur berkelanjutan dan ekonomi sirkular, (Campanati et al., 2021; Colombo & Turchini, 2021; Sampathkumar et al., 2023).

Pada ikan nila, penggunaan bahan pakan terfermentasi terbukti mampu meningkatkan performa pertumbuhan, efisiensi pakan, aktivitas enzim pencernaan, status imun, dan ekspresi gen terkait pertumbuhan serta antioksidan, (Awad et al., 2024; El-Ghafloul et al., 2025; Fujaya et al., 2023; Van Doan et al., 2025). Studi tentang campuran sumber protein nabati terfermentasi yang menggantikan sebagian tepung ikan menunjukkan bahwa hingga 25–50% penggantian dapat dilakukan tanpa menurunkan kinerja pertumbuhan dan bahkan memperbaiki rasio konversi pakan, (Awad et al., 2024; Hassaan et al., 2018). Demikian pula, suplementasi bahan terfermentasi seperti tongkol jagung dan ekstrak herbal terfermentasi dapat meningkatkan laju pertumbuhan spesifik, efisiensi pakan, dan kesehatan ikan nila, (Fujaya et al., 2023; Van Doan et al., 2025).

Secara khusus, pemanfaatan eceng gondok dalam pakan ikan telah dibuktikan pada beberapa spesies. Tepung eceng gondok, termasuk yang difermentasi, dapat dimasukkan dalam formulasi pakan ikan air tawar seperti ikan mas, lele, ikan lokal, bahkan nila, dengan tingkat inklusi tertentu tanpa menurunkan pertumbuhan dan konversi pakan, (Islama et al., 2023; Pratiwi & Andhikawati, 2021; Vodounnou et al., 2025). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa daun eceng gondok dapat dimasukkan hingga sekitar 6% dalam pakan nila tanpa menurunkan pertumbuhan, efisiensi pakan, dan

kualitas karkas, sementara kadar lebih tinggi cenderung menurunkan performa, (Vodounnou et al., 2025). Hal ini menegaskan bahwa pengolahan dan penentuan dosis inklusi menjadi aspek kunci dalam pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan baku pakan.

Dalam kerangka ekonomi sirkular dan konsep “Aquafeed 3.0”, pemanfaatan gulma perairan seperti eceng gondok dan limbah industri pangan/perikanan sebagai bahan baku pakan merupakan strategi penting untuk mengurangi ketergantungan pada tepung ikan dan bahan impor, sekaligus menurunkan jejak lingkungan rantai pasok pakan, (Colombo & Turchini, 2021; Sampathkumar et al., 2023). Fermentasi padat (solid-state fermentation) dan berbagai teknik biokonversi lain dipandang sebagai teknologi masa depan yang efisien energi, mampu menurunkan faktor antinutrisi, dan meningkatkan nilai tambah limbah organik untuk pakan ikan, (Cahya et al., 2022; Kalaiselvan et al., 2025; Siddik et al., 2024).

Penelitian mengenai formulasi pakan nila berbasis eceng gondok yang difermentasi dengan limbah tuna diharapkan dapat mengisi celah pengetahuan terkait kombinasi dua sumber bahan baku lokal tersebut. Secara ilmiah, kajian ini akan memberikan informasi mengenai tingkat pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kelangsungan hidup nila yang diberi pakan alternatif fungsional berbasis eceng gondok limbah tuna terfermentasi; secara praktis, hasilnya dapat menjadi dasar pengembangan pakan lokal rendah biaya yang mendukung usaha budidaya skala kecil hingga menengah, sekaligus membantu pengelolaan gulma perairan dan limbah perikanan secara terpadu, (Cahya et al., 2022; Pratiwi & Andhikawati, 2021; Sampathkumar et al., 2023; Tropea et al., 2021).

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Benih Ikan Dinas Perikanan Nabire, Papua Tengah, yang bertujuan untuk mengevaluasi pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kelangsungan hidup sebagai indikator utama keberhasilan pemanfaatan pakan berbasis eceng gondok terfermentasi dengan limbah tuna.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Benih Ikan Dinas Perikanan Nabire, Papua Tengah, selama dua bulan dengan mengikuti praktik riset budidaya nila di wadah terkendali dengan rancangan acak lengkap dan pemantauan kualitas air serta pertumbuhan seperti SGR, FCR, dan SR, (Alemayehu & Getahun, 2017; Prajayati et al., 2020; Rahman & Arifuzzaman, 2021; YonesA, 2019). Kegiatan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, proses fermentasi bahan pakan, formulasi pakan, uji pertumbuhan ikan nila, serta analisis laboratorium, (Aini et al., 2025; Prajayati et al., 2020).

Bahan utama berupa eceng gondok segar (*Eichhornia crassipes*) dan limbah ikan tuna (*Thunnus albacares*) sejalan dengan tren pemanfaatan limbah nabati dan hewani sebagai bahan pakan alternatif dalam akuakultur untuk menekan biaya dan meningkatkan keberlanjutan, (Andriani & Pratama, 2022; Gahatraj et al., 2025; Mohammady et al., 2024; Prajayati et al., 2020; Siddik et al., 2024). Bahan tambahan seperti dedak, tepung jagung, tepung ikan, minyak ikan, vitamin, dan mineral mix umum digunakan dalam formulasi pakan nila untuk menjamin keseimbangan energi dan protein, (Gahatraj et al., 2025; Prajayati et al., 2020).

Proses fermentasi dengan kombinasi *Lactobacillus sp.* dan *Saccharomyces cerevisiae* mengikuti pendekatan probiotik yang terbukti meningkatkan kualitas nutrisi bahan pakan, menurunkan serat, memperbaiki pencernaan, dan menghadirkan efek fungsional pada kesehatan ikan, (Neves et al., 2024; Tropea et al., 2021). Penggunaan kondisi anaerob bersuhu 30–35 °C selama beberapa hari hingga terjadi stabilisasi pH dan pertumbuhan maksimal mikroba merupakan praktik standar fermentasi bahan pakan ikan, (Andriani & Pratama, 2022; Tropea et al., 2021).

Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dosis hasil fermentasi dalam pakan dan tiga ulangan sejalan dengan penelitian pakan/probiotik pada nila dan ikan budidaya lain, yang umumnya menguji beberapa taraf suplemen dalam pakan dengan pengulangan untuk analisis ANOVA dan uji lanjut Duncan, (Fall et al., 2025; Fasya et al., 2023; Prajayati et al., 2020). Kepadatan tebar dan ukuran awal ikan dalam rentang benih juga konsisten dengan studi pertumbuhan nila di akuarium/tangka, (Alemayehu & Getahun, 2017; Gahatraj et al., 2025; Rahman & Arifuzzaman, 2021).

Pakan diberikan dua kali sehari sebanyak 3% bobot biomassa, sesuai rekomendasi frekuensi dan tingkat pemberian pakan untuk nila guna mengoptimalkan pertumbuhan dan efisiensi pakan,

(Alemayehu & Getahun, 2017; Gahatraj et al., 2025). Penggantian air 30% setiap tiga hari dan pemantauan suhu, DO, dan pH mengikuti standar pemeliharaan kualitas air dalam riset akuakultur intensif, (Cruz et al., 2025; Gahatraj et al., 2025; Neves et al., 2024; Prajayati et al., 2020).

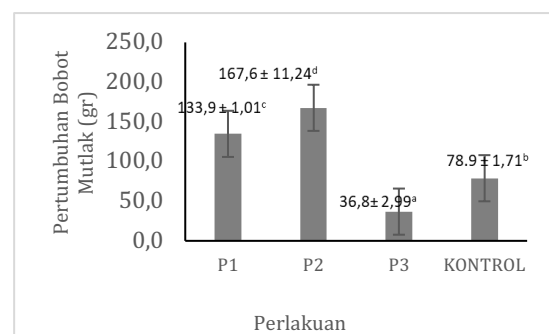
Parameter SGR, pertumbuhan bobot mutlak, FCR, dan SR merupakan indikator baku untuk menilai kinerja pakan dan pertumbuhan ikan dalam berbagai studi pakan alternatif, probiotik, dan pakan fermentasi, (Alemayehu & Getahun, 2017; Gahatraj et al., 2025; Rahman & Arifuzzaman, 2021). Analisis data menggunakan ANOVA satu arah ($\alpha = 0,05$) dan uji Duncan's Multiple Range Test sesuai dengan praktik statistik umum dalam penelitian nutrisi ikan untuk membedakan pengaruh dosis perlakuan, (Aini et al., 2025; Fall et al., 2025; Wicaksono et al., 2025).

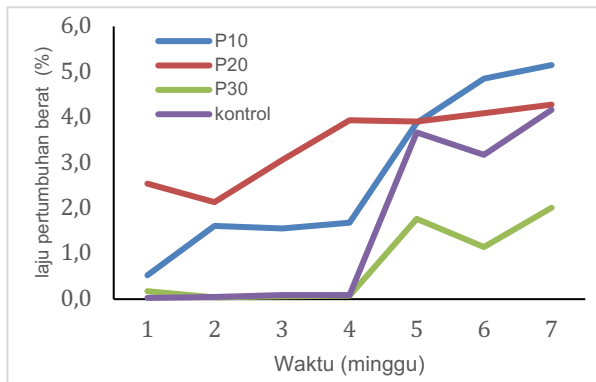
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Mutlak Ikan Nila

Hasil pengamatan selama 7 minggu menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan terhadap pertumbuhan mutlak ikan nila ($p < 0,05$). Nilai rata-rata pertumbuhan mutlak disajikan pada gambar 1 berikut:

Gambar 1:
Perubahan mutlak dan laju pertumbuhan selama 7 minggu





Ket:

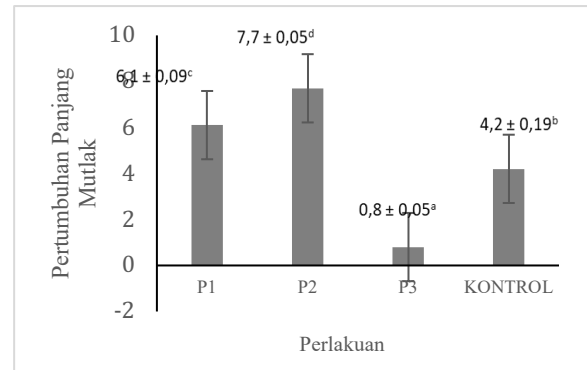
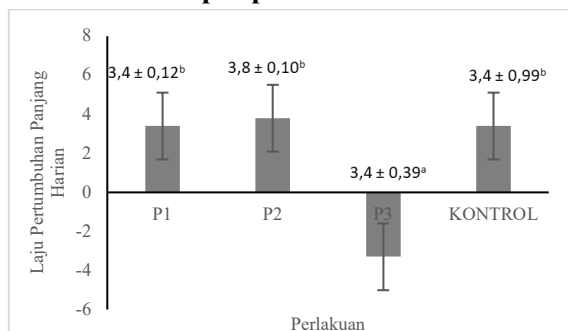
Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Perlakuan P2 (20 ml/kg pakan fermentasi limbah perut tuna) memberikan pertumbuhan tertinggi, yang berbeda nyata dibandingkan P0 dan P3. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi bahan pakan yang disubstitusi enceng gondok dengan fermentasi sebesar 20 ml/kg pakan mampu meningkatkan ketersediaan protein dan asam amino yang dibutuhkan ikan untuk pertumbuhan optimal. Pertumbuhan berat ikan paling optimal terjadi pada dosis fermentasi 20 ml/kg, dengan hasil pertumbuhan bobot mutlak tertinggi ($167,6 \pm 11,24$). Dosis 30 ml/kg menghasilkan pertumbuhan terendah ($36,8 \pm 2,99$), yang menunjukkan bahwa fermentasi yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan nutrisi dan memperlambat pertumbuhan.

Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Laju pertumbuhan spesifik (SGR) juga menunjukkan pola yang sejalan dengan pertumbuhan mutlak. Nilai rata-rata SGR ikan nila selama penelitian disajikan pada Tabel 2:

Gambar 2:
Grafik laju pertumbuhan spesifik (SGR) ikan nila per perlakuan



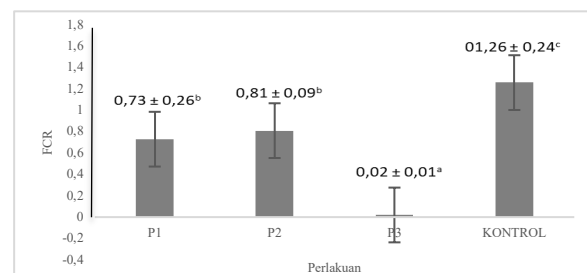
Sumber: hasil penelitian

Peningkatan nilai SGR pada P2 menunjukkan bahwa fermentasi limbah tuna mampu menyediakan enzim dan asam amino yang mempercepat metabolisme dan efisiensi konversi pakan. Sebaliknya, fermentasi 30 ml/kg pakan tinggi (P3,) cenderung menurunkan pertumbuhan akibat kadar serat dan lemak non-protein yang lebih tinggi. Pertumbuhan panjang tertinggi tercatat pada dosis 20 ml/kg ($7,7 \pm 0,05$). Dosis 30 ml/kg menunjukkan pertumbuhan terendah ($0,8 \pm 0,05$), yang mengonfirmasi bahwa fermentasi berlebihan dapat berdampak negatif pada pertumbuhan panjang ikan.

Rasio Konversi Pakan (FCR)

Efisiensi pakan ditunjukkan oleh nilai FCR (Feed Conversion Ratio). Semakin rendah nilai FCR, Semakin efisien ikan memanfaatkan pakan. Hasil perhitungan FCR dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3:
Grafik nilai FCR ikan nila berdasarkan perlakuan pakan



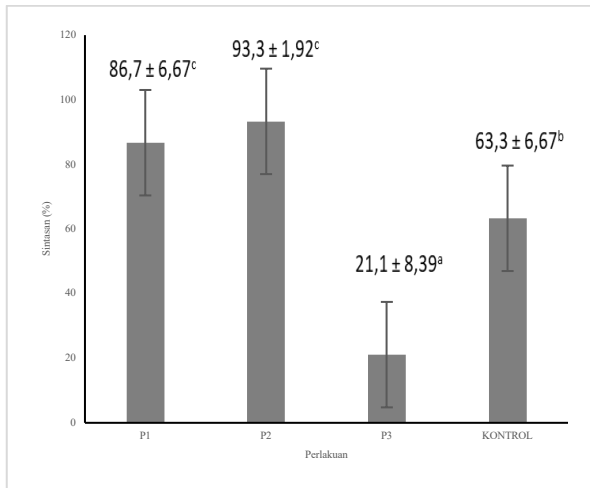
Sumber: Hasil penelitian

Nilai FCR terbaik diperoleh pada perlakuan P2 (0,81) yang menunjukkan efisiensi konversi pakan tertinggi. Penurunan FCR mengindikasikan bahwa pakan substitusi eceng gondok yang difermentasi dengan 30 ml/kg pakan memiliki tingkat pencernaan yang kurang baik. Pada kelompok kontrol adalah yang tertinggi ($1,26 \pm 0,24$), yang menunjukkan efisiensi pakan yang buruk. Dosis 20 ml/kg (P2) dan 10 ml/kg (P1) menunjukkan efisiensi yang lebih baik dengan FCR lebih rendah ($0,81 \pm 0,09$ dan $0,73 \pm 0,26$). Namun, dosis 30 ml/kg (P3) menghasilkan FCR yang sangat rendah ($0,02 \pm 0,01$), yang mencerminkan rendahnya konsumsi pakan akibat kualitas pakan yang buruk akibat over-fermentasi.

Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)

Tingkat kelangsungan hidup ikan nila selama 60 hari disajikan pada Gambar 4:

Gambar 4:
Grafik tingkat kelangsungan hidup ikan nila per perlakuan



Sumber: Hasil penelitian

Sintasan tertinggi tercatat pada dosis 20 ml/kg ($93,3 \pm 1,92\%$), diikuti oleh 10 ml/kg ($86,7 \pm 6,67\%$). Kelompok kontrol menunjukkan tingkat sintasan $63,3 \pm 6,67\%$, sementara dosis 30 ml/kg menunjukkan tingkat sintasan yang sangat rendah ($21,1 \pm 8,39\%$). Ini menunjukkan bahwa fermentasi moderat dapat meningkatkan kelangsungan hidup ikan dengan memperbaiki kualitas pakan, sementara fermentasi

berlebihan dapat menurunkan kelangsungan hidup ikan.

Kualitas Air Selama Pemeliharaan

Selama penelitian, parameter kualitas air masih berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan ikan nila. Data pengamatan kualitas air dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1:
Nilai rata-rata parameter kualitas air selama penelitian

Parameter	Nilai Rata-rata	Satuan	Kisaran Optimal
Suhu	29,6	°C	28–32 °C (Makori et al., 2017)
DO	6,3	mg/L	> 5 mg/L (Mramba & Kahindi, 2023)
pH	6,8	-	6,5-8,5 (Pramleonita et al., 2018)

Sumber: hasil penelitian

Nilai parameter lingkungan menunjukkan kondisi perairan stabil dan sesuai dengan kebutuhan fisiologis ikan nila. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan pertumbuhan antarperlakuan tidak disebabkan oleh faktor lingkungan, tetapi oleh perbedaan kualitas pakan.

Analisis Statistik

Uji ANOVA satu arah menunjukkan bahwa substitusi tepung eceng gondok fermentasi limbah tuna berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, FCR, dan SR ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut DMRT mengonfirmasi bahwa perlakuan P2 berbeda nyata dengan kontrol, tetapi tidak berbeda signifikan dengan P1. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan fermentasi hingga 20% masih dalam kisaran optimal, sementara dosis yang lebih tinggi (30%) menyebabkan penurunan efisiensi akibat peningkatan serat kasar.

PEMBAHASAN

Analisis Proksimat Pakan

Fermentasi limbah perut ikan memberikan pengaruh signifikan terhadap komposisi nutrisi pakan ikan berbahan dasar tepung enceng gondok. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa dosis 20 ml/kg pakan memberikan komposisi nutrisi yang paling optimal. Pada dosis ini, terdapat peningkatan kandungan protein dan lemak kasar yang lebih tinggi dibandingkan dengan dosis lainnya, serta keseimbangan yang baik antara kandungan abu dan serat kasar yang masih dalam batas ideal untuk pakan ikan omnivora. Fenomena ini menggambarkan betapa pentingnya dosis fermentasi yang tepat untuk memastikan bahwa mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi dapat memecah senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana, sehingga lebih mudah diserap oleh ikan (Sakinah et al., 2019).

Kandungan Protein Kasar

Kandungan protein kasar dalam pakan menunjukkan pola peningkatan yang signifikan dari 18,5% pada dosis 10 ml/kg menjadi 19,7% pada dosis 20 ml/kg, sebelum akhirnya menurun menjadi 16% pada dosis 30 ml/kg. Peningkatan protein kasar pada dosis 20 ml/kg sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang melakukan fermentasi secara seimbang. Mikrobiota ini menghasilkan enzim proteolitik, seperti protease, yang dapat mendegradasi protein kompleks menjadi asam amino sederhana yang lebih mudah dicerna dan diserap oleh ikan (Fuad et al., 2018; Rahayu et al., 2023). Penurunan kadar protein pada dosis 30 ml/kg diduga disebabkan oleh over-fermentasi, di mana aktivitas mikroorganisme yang berlebihan menyebabkan degradasi protein lebih lanjut menjadi amonia dan senyawa lain yang tidak dapat dimanfaatkan oleh ikan (Rahayu et al., 2023; Sakinah et al., 2019). Oleh karena itu, dosis fermentasi yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan hilangnya nilai gizi dari pakan, yang mengarah pada penurunan efisiensi pertumbuhan ikan.

Hubungan antara peningkatan kandungan protein kasar dan peningkatan pencernaan pakan sangat penting. Pakan yang kaya akan protein, terutama pada dosis 20 ml/kg, meningkatkan efisiensi penggunaan pakan oleh ikan, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan ikan yang lebih cepat (Astino et al., 2021; Radona et al., 2017). Sejalan dengan penelitian sebelumnya, protease yang dihasilkan selama fermentasi memecah protein

menjadi asam amino esensial yang sangat dibutuhkan oleh ikan untuk pertumbuhan dan pembentukan jaringan otot (Marzuqi et al., 2019; Resthu et al., 2022). Peningkatan protein dan lemak kasar dalam pakan fermentasi berhubungan langsung dengan efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan. Pakan yang lebih kaya protein dan lemak dapat meningkatkan laju pertumbuhan ikan melalui peningkatan protein kasar, yang mendukung sintesis jaringan baru dan meningkatkan efisiensi pakan (Renaldi et al., 2023).

Peningkatan serat kasar pada pakan fermentasi dapat mengurangi pencernaan karena menghambat akses mikroorganisme pencernaan terhadap nutrisi yang lebih mudah dicerna, yang dapat mengakibatkan hilangnya potensi pertumbuhan (Diamahesa & Muahiddah, 2022; Putra et al., 2020).

Kandungan Lemak Kasar

Kandungan lemak kasar juga menunjukkan kecenderungan yang sama dengan protein, yakni meningkat dari 3,2% pada dosis 10 ml/kg menjadi 3,5% pada dosis 20 ml/kg, dan menurun menjadi 2,8% pada dosis 30 ml/kg. Peningkatan kadar lemak pada dosis 20 ml/kg dipengaruhi oleh aktivitas enzim lipase yang dihasilkan oleh mikroorganisme fermentasi. Enzim ini berperan dalam menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol, yang meningkatkan ketersediaan lemak yang dapat dimanfaatkan oleh ikan (Helmiati et al., 2020). Namun, pada dosis 30 ml/kg, penurunan kadar lemak dapat terjadi karena lemak dikonsumsi oleh mikroba sebagai sumber energi selama fermentasi, yang menyebabkan penurunan kualitas pakan secara keseluruhan (Resthu et al., 2022). Dua nutrisi yang paling berperan dalam pertumbuhan linear tubuh ikan adalah protein dan lemak kasar, yang berfungsi dalam penyediaan energi dan sebagai blok bangunan jaringan tubuh (Sari et al., 2023; Ramdhani et al., 2021). Peningkatan kadar lemak dalam pakan juga dapat mempengaruhi palatabilitas pakan, yaitu daya tarik pakan bagi ikan. Lemak yang lebih tinggi dalam pakan meningkatkan rasa dan aroma, sehingga ikan lebih tertarik untuk memakannya (Helmiati et al., 2020; Fadly et al., 2025). Penelitian oleh Masriah et al. (2022) menunjukkan bahwa fermentasi menggunakan mikroorganisme

seperti *Rhizopus oligosporus* dapat meningkatkan kandungan lemak dalam pakan, meskipun terdapat variasi tergantung pada bahan baku yang digunakan.

Kandungan Abu

Kandungan abu dalam pakan mengalami peningkatan bertahap dari 8,5% pada dosis 10 ml/kg menjadi 9% pada dosis 30 ml/kg. Peningkatan kandungan abu ini menunjukkan peningkatan kandungan mineral dalam pakan hasil fermentasi. Selama proses fermentasi, mikroorganisme memecah senyawa organik dan melepaskan mineral penting seperti kalsium, fosfor, dan magnesium, yang diperlukan oleh ikan untuk pembentukan tulang dan metabolisme energi (Gumay et al., 2022; Cahyaningtyas et al., 2022). Meskipun demikian, perlu diingat bahwa peningkatan kadar abu tidak selalu mencerminkan peningkatan nilai gizi mineral, karena akumulasi mineral dalam bentuk yang tidak bioavailabel dapat menyebabkan gangguan dalam penyerapan nutrisi (Pangestuti & Darmawan, 2021).

Kandungan Serat Kasar

Kandungan serat kasar meningkat dari 13% pada dosis 10 ml/kg menjadi 14% pada dosis 20 ml/kg, dan mencapai 15,5% pada dosis 30 ml/kg. Peningkatan serat kasar ini kemungkinan disebabkan oleh akumulasi sisa dinding sel mikroba dan fraksi lignoselulosa dari tepung enceng gondok yang tidak sepenuhnya terdegradasi selama proses fermentasi. Meskipun peningkatan serat kasar dapat meningkatkan struktur pakan, kandungan serat yang terlalu tinggi dapat menurunkan pencernaan pakan oleh ikan (Helmiati et al., 2020; Karuhgair et al., 2022). Oleh karena itu, penting untuk menjaga kadar serat kasar dalam batas ideal agar pakan tetap efisien dan mudah dicerna oleh ikan. Dua perubahan sifat pakan akibat over-fermentasi yang dapat menurunkan palatabilitas dan intake pakan adalah peningkatan serat kasar dan penurunan pencernaan, yang berpotensi membuat pakan menjadi kurang menarik bagi ikan (Nasuki & Cahyanurani, 2022).

Pertumbuhan Berat Ikan

Pertumbuhan berat ikan yang diberi pakan dengan fermentasi limbah perut ikan menunjukkan hasil yang signifikan. Dosis 20 ml/kg (P2) menghasilkan pertumbuhan berat mutlak tertinggi ($167,6 \pm 11,24$), yang berhubungan langsung dengan kandungan protein dan lemak yang optimal dalam pakan. Peningkatan bobot ini menunjukkan bahwa pakan hasil fermentasi dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan dan mendukung pertumbuhan

ikan secara lebih cepat (Halver & Hardy, 2002; Astino et al., 2021). Sebaliknya, dosis 30 ml/kg (P3) menunjukkan penurunan pertumbuhan yang cukup drastis, yang mengindikasikan adanya over-fermentasi. Pada dosis ini, kualitas pakan menurun akibat degradasi berlebihan dari protein dan lemak menjadi senyawa yang tidak dapat dimanfaatkan oleh ikan, serta peningkatan serat kasar yang mengurangi pencernaan pakan (Resthu et al., 2022). Pemberian pakan dengan dosis terlalu tinggi mengarah pada penurunan kualitas gizi pakan, yang berdampak langsung pada pertumbuhan ikan. Istilah yang menggambarkan pola respons "naik sampai optimum lalu turun pada dosis tinggi" terhadap dosis fermentasi adalah "kurva dosis-respons." Pada kurva ini, ada titik maksimum di mana pertumbuhan ikan mencapai puncaknya sebelum akhirnya turun pada dosis tinggi, yang sering disebabkan oleh kelebihan nutrisi atau toksisitas (Gonçalves et al., 2023).

Pertumbuhan Panjang Ikan

Pertumbuhan panjang ikan juga dipengaruhi oleh dosis fermentasi pakan. Dosis 20 ml/kg (P2) menghasilkan pertumbuhan panjang mutlak tertinggi ($7,7 \pm 0,05$ cm), yang menunjukkan bahwa pada dosis tersebut, pakan menghasilkan peningkatan ketersediaan nutrisi yang penting untuk pertumbuhan linear tubuh ikan. Dosis yang lebih tinggi (P3) menyebabkan penurunan yang signifikan dalam pertumbuhan panjang, yang disebabkan oleh penurunan kualitas pakan akibat over-fermentasi (Shofura et al., 2018). Peningkatan panjang tubuh ikan berkaitan dengan efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi, terutama protein dan asam amino esensial yang diperlukan untuk pembentukan jaringan tubuh dan pertumbuhan panjang ikan (Cahya et al., 2022). Penurunan pertumbuhan panjang pada dosis tinggi mencerminkan dampak negatif dari fermentasi yang berlebihan, yang menyebabkan degradasi nutrisi dan menurunkan ketersediaan energi untuk pertumbuhan linear (Siddik et al., 2024). Dampak fisiologis utama dari degradasi nutrisi akibat fermentasi berlebihan terhadap pertumbuhan panjang ikan mencakup menurunnya ketersediaan nutrisi penting seperti protein dan lemak, yang berkontribusi

pada pertumbuhan secara langsung. Pakan yang mengalami fermentasi berlebihan cenderung memiliki komposisi serat kasar yang tinggi dan nilai pH yang tidak optimal, yang dapat mengurangi daya cerna dan efisiensi penyerapan nutrisi oleh ikan (Safir et al., 2023).

Feed Conversion Ratio (FCR)

Feed Conversion Ratio (FCR) adalah salah satu indikator efisiensi pemanfaatan pakan oleh ikan. Nilai FCR tertinggi tercatat pada kontrol ($1,26 \pm 0,24$), yang menunjukkan bahwa ikan memerlukan pakan lebih banyak untuk menghasilkan pertumbuhan tubuh yang setara. Perlakuan P2 (20 ml/kg) menunjukkan nilai FCR yang paling efisien ($0,81 \pm 0,09$), yang mengindikasikan bahwa ikan dapat mengonversi pakan menjadi pertumbuhan dengan efisien. Sebaliknya, perlakuan P3 (30 ml/kg) menunjukkan nilai FCR yang sangat rendah ($0,02 \pm 0,01$), yang tidak mencerminkan efisiensi biologis yang sebenarnya, karena tingkat konsumsi pakan yang sangat rendah akibat penurunan kualitas pakan (Sathishkumar et al., 2021; Rodríguez-Estrada et al., 2021). Feed Conversion Ratio (FCR) adalah rasio antara jumlah pakan yang diberikan dengan jumlah pertumbuhan yang dihasilkan. Dalam konteks biologis, "semakin kecil FCR semakin efisien" berarti bahwa ikan dapat menghasilkan lebih banyak pertumbuhan dengan jumlah pakan yang lebih sedikit, menunjukkan efisiensi pemanfaatan pakan yang lebih baik dan menunjang keberhasilan dalam budidaya perikanan (Fajar, 2023).

Sintasan Ikan

Tingkat sintasan ikan juga dipengaruhi oleh dosis fermentasi pakan. Perlakuan P2 (20 ml/kg) menghasilkan sintasan tertinggi ($93,3 \pm 1,92\%$), yang menunjukkan bahwa pada dosis ini, pakan menghasilkan keseimbangan nutrisi yang ideal, meningkatkan ketahanan tubuh ikan terhadap stres dan penyakit. Perlakuan P3 (30 ml/kg) menunjukkan sintasan yang sangat rendah ($21,1 \pm 8,39\%$), yang disebabkan oleh efek toksik dari over-fermentasi yang mengurangi kualitas pakan (Manoppo & Rantung, 2018; Neves et al., 2024). Pakan yang difermentasi dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan daya cerna dan ketersediaan nutrisi, yang berkontribusi pada kelangsungan hidup ikan yang lebih baik. Dua mekanisme di mana pakan fermentasi dengan dosis tepat dapat meningkatkan ketahanan ikan terhadap stres atau penyakit termasuk peningkatan keberadaan probiotik yang memperkuat

sistem imun ikan dan penurunan substansi antinutrisi yang meningkatkan ketersediaan nutrisi esensial (Hasibuan et al., 2021; Hamka, 2021). Hubungan konsisten antara hasil pertumbuhan (berat/panjang) dan sintasan pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa pertumbuhan yang lebih baik sering kali diiringi dengan tingkat sintasan yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena ikan yang tumbuh lebih baik umumnya memiliki sistem imun yang lebih kuat dan lebih mampu menghadapi stres lingkungan. Kualitas air yang lebih tinggi berkontribusi terhadap pertumbuhan dan sintasan yang lebih baik, meskipun satu studi terpisah menunjukkan hubungan yang kompleks tergantung pada spesies ikan yang diteliti (Hassan et al., 2020).

Kualitas Air

Kualitas air yang stabil sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Selama penelitian, suhu air rata-rata adalah $29,6^{\circ}\text{C}$, dengan kadar oksigen terlarut (DO) 6,3 mg/L dan pH 6,8. Parameter-parameter ini berada dalam kisaran optimal untuk ikan nila, yang memastikan bahwa perbedaan hasil sintasan dan pertumbuhan dapat dikaitkan langsung dengan perlakuan pakan, bukan faktor eksternal seperti kualitas air (Pramleonia et al., 2018). Kualitas air yang baik membantu memastikan metabolisme ikan berjalan optimal dan meningkatkan efisiensi pencernaan pakan. Kualitas air yang stabil penting dalam interpretasi hasil pertumbuhan dan sintasan karena fluktuasi parameter kualitas air seperti pH, suhu, dan oksigen terlarut dapat mempengaruhi kesehatan ikan dan efisiensi pakan. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan stres ikan, mengurangi pertumbuhan, dan meningkatkan mortalitas (Soedibya et al., 2024; , Ahmmed et al., 2022). Parameter kualitas air yang disebutkan dan berada pada kisaran optimal untuk nila adalah pH, suhu, dan kadar oksigen terlarut. Namun, kadar amonia tinggi dianggap tidak optimal dan dapat berpotensi membahayakan ikan nila (Akbarurrasyid et al., 2023).

Dua cara di mana kualitas air yang baik membantu meningkatkan efisiensi pencernaan pakan pada ikan adalah dengan memastikan tingkat oksigen terlarut (DO) yang optimal dan

menjaga pH dalam kisaran netral hingga sedikit basa. Tingginya kadar oksigen terlarut mendukung proses metabolisme yang lebih efisien serta meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, sedangkan pH yang stabil membantu menjaga keseimbangan enzim pencernaan yang optimal (Scabra & Setyowati, 2019), Mantayborbir et al., 2023). pH netral hingga sedikit basa (sekitar 7-8) bermanfaat bagi proses metabolisme ikan karena lingkungan tersebut mendukung aktivitas enzim pencernaan dan proses biokimia lainnya. Dalam rentang pH ini, ikan lebih mudah menyerap nutrisi dari pakan, serta mengurangi stres pada sistem respirasinya (Dewantoro et al., 2022).

Kontrol kualitas air yang memadai memperkuat validitas kesimpulan bahwa perbedaan kinerja ikan disebabkan oleh perlakuan pakan, bukan faktor eksternal, dengan memastikan bahwa parameter kualitas air seperti suhu, oksigen terlarut, dan pH tetap konsisten di semua kelompok perlakuan. Hal ini mengurangi variabilitas yang mungkin mempengaruhi pertumbuhan atau sintasan ikan, memberikan jaminan bahwa hasil yang diperoleh adalah akibat dari perlakuan yang diberikan pada pakan (Lembang & Kuing, 2022; , Arifin et al., 2018). Hubungan fungsional antara suhu, DO, dan pH dengan laju metabolisme, pencernaan, dan imunitas ikan nila dapat dijelaskan sebagai berikut: suhu yang optimal meningkatkan laju metabolisme, yang berdampak positif pada pencernaan dan penyerapan nutrisi. Kadar oksigen terlarut yang memadai mendukung proses respirasi seluler yang efisien, meningkatkan imunitas ikan. Sementara itu, pH yang seimbang menjaga fungsi optimal enzim pencernaan, yang penting untuk pencernaan pakan, (Ghofur, 2017)

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang difermentasi dengan limbah tuna (*Thunnus albacares*) sebagai bahan substitusi pakan dapat meningkatkan performa pertumbuhan, efisiensi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Dosis fermentasi 20 ml/kg limbah perut ikan pada pakan berbahan dasar tepung eceng gondok terbukti paling optimal dalam meningkatkan kualitas pakan, efisiensi pertumbuhan, dan sintasan ikan nila. Dosis ini menghasilkan keseimbangan ideal antara aktivitas mikroba dan ketersediaan nutrisi yang mendukung efisiensi penggunaan pakan oleh ikan. Sebaliknya, dosis yang

lebih tinggi (30 ml/kg) menyebabkan degradasi kualitas pakan, penurunan efisiensi pakan, dan sintasan ikan yang rendah. Fermentasi limbah perut ikan tidak hanya berkontribusi pada peningkatan kualitas pakan tetapi juga mendukung keberlanjutan dalam budidaya ikan, dengan memanfaatkan bahan lokal yang melimpah dan ramah lingkungan. Implementasi fermentasi yang tepat pada dosis yang sesuai sangat penting untuk mengoptimalkan hasil pertumbuhan ikan dan efisiensi pemanfaatan pakan.

V. REFERENSI

- Abaho, I., Akoll, P., Jones, C. L. W., & Masembe, C. (2022). Dietary inclusion of pine pollen alters sex ratio and promotes growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 27, 101407. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101407>
- Ahmad, S. Z., Yusuf, M. A., & Karim, N. (2021). Bioconversion of fish waste as an alternative protein source for aquaculture feeds. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(4), 412–425.
- Ahmmmed, S., Sakib, M. H., Islam, M. L., & Mahmud, Y. (2022). Larval rearing of orange mud crab (*Scylla olivacea*): Improving survival rate and shortening metamorphosis period. *Bangladesh Journal of Fisheries*, 33(2), 265–273. <https://doi.org/10.52168/bjf.2021.33.29>
- Aini, N. R., Diniarti, N., & Diamahesa, W. A. (2025). The effect of herbal probiotic supplementation on the growth performance and survival rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a closed aquaculture system. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.9072>
- Alemayehu, T., & Getahun, A. (2017). Effect of feeding frequency on growth performance and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cage culture system. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 8, 1–5.

- <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000479>
Andriani, Y., & Pratama, R. I. (2022). Probiotic application in fermentation of fish feed materials: A review. *Indonesian Journal of Tropical Aquatic (IJOTA)*. <https://doi.org/10.22219/ijota.v5i2.25424>
- Awad, A., Mohammady, E., Souady, M., Rabetimarghezar, N., El-Haroun, E., & Hassaan, M. (2024). Growth and physiological response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed a fermented mixture of plant protein sources. *Animal Feed Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116034>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond aquaculture water quality management*. Springer.
- Campanati, C., Willer, D., Schubert, J., & Aldridge, D. (2021). Sustainable intensification of aquaculture through nutrient recycling and circular economies. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 30, 143–169. <https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1897520>
- Cahya, M. D., Andriani, Y., Haetami, K., & Risdiana, R. (2022). Application of fermented product feed to growth performance of fish: A review. *Depik*. <https://doi.org/10.13170/depik.11.3.26361>
- Chikou, A., Agbohessi, P. T., & Laleye, P. (2018). Effect of probiotic fermentation on nutrient composition of fish feed ingredients. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(4), 301–307.
- Colombo, S., & Turchini, G. (2021). Aquafeed 3.0: Creating a more resilient aquaculture industry with a circular bioeconomy framework. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12567>
- Dawood, M. A. O., Koshio, S., & Abdel-Daim, M. M. (2018). Dietary supplementation of probiotics as a strategy for improving fish health. *Aquaculture*, 495, 250–258.
- El-Hassan, R., Salim, M., & Haroun, R. (2019). Enhancing nutritive value of aquatic weeds through microbial fermentation. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 23(5), 367–380.
- Effendie, M. I. (1997). *Biologi perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama.
- Fujaya, Y., et al. (2023). The optimal dosage of fermented herbal extract on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Tropical Life Sciences Research*, 34, 39–56. <https://doi.org/10.21315/tlsr2023.34.2.3>
- Giri, S. S., Sukumaran, V., & Park, S. C. (2021). Effect of dietary fiber on nutrient digestibility and growth in tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 27(3), 981–991.
- Handajani, H., & Sutrisno, N. (2018). Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan pakan ikan alternatif setelah perlakuan fermentasi. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 4(2), 101–110.
- Hassaan, M., Soltan, M., Mohammady, E., Elashry, M., El-Haroun, E., & Davies, S. (2018). Growth and physiological responses of Nile tilapia fed dietary fermented sunflower meal. *Aquaculture*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.018>
- Islama, D., Diansyah, S., Diana, F., Saputra, F., Rahmayanti, F., & Juliawati, J. (2023). Application of water hyacinth flour (*Eichhornia crassipes*) in artificial feed on feed quality and FCR. *Acta Aquatica*. <https://doi.org/10.29103/aa.v10i3.11312>
- Kalaiselvan, P., et al. (2025). Solid-state fermentation: A sustainable future technology in aquafeeds? *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1669719>
- Mohammady, E., et al. (2024). Growth and physiological responses of Nile tilapia fed fermented sugar beet bagasse. *Animal Feed Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116124>
- Muchlisin, Z. A., et al. (2016). Survival rate and growth performance indicators in aquaculture studies. *Aquaculture Research*.
- Neves, N. O. D. S., et al. (2024). Fermentation of plant-based feeds with *Lactobacillus acidophilus* improves survival and intestinal health of Nile tilapia. *Animals*, 14. <https://doi.org/10.3390/ani14020332>

- Oktavia, D. (2020). Feed conversion ratio as indicator of feed efficiency in aquaculture. *Jurnal Perikanan*.
- Rahman, M. H., & Arifuzzaman, M. (2021). Growth performance and FCR of tilapia in intensive aquaculture systems. *International Journal of Aquaculture*, 7, 35–41. <https://doi.org/10.17352/2455-8400.000071>
- Renaldi, M. A., Munir, M., & Kadir, M. J. (2023). Kandungan protein kasar dan serat kasar fermentasi pakan kombinasi. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 3(2), 83–88. <https://doi.org/10.47030/trolija.v3i2.682>
- Siddik, M., Julien, B., Islam, S., & Francis, D. (2024). Fermentation in aquafeed processing: Achieving sustainability. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12894>
- Tropea, A., et al. (2021). Aquafeed production from fermented fish waste and lemon peel. *Fermentation*, 7(4), 272. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040272>
- Van Doan, H., et al. (2025). Effects of fermented corn cob on growth performance and immunity of Nile tilapia. *Fish & Shellfish Immunology*. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2025.110413>
- Vodounnou, J. V., et al. (2025). Utilising water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Nile tilapia diets. *Aquatic Research*. <https://doi.org/10.3153/ar25020>
- Yunus, I., Saputra, A., & Irawan, H. (2022). Zero waste aquaculture: Circular economy approach in sustainable fish farming. *Marine and Fisheries Journal of Indonesia*, 14(3), 201–213.