

PEMANFAATAN PAKAN BERBASIS LIMBAH PERIKANAN PADA BUDIDAYA IKAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus*)

UTILIZATION OF FISHERY WASTE-BASED FEED IN THE CULTURE OF STRIPED CATFISH (*Pangasius hypophthalmus*)

Lestari Purnama Intan Gulo^{1*}, If Ser Itoloni Waruwu¹, Darwis Triadi Telaumbanua¹,
Destalenta Trisna Laoli¹, Firman Syah Putra Waruwu¹, Hertini Zebua¹, Ratna dewi
Zebua¹

¹Program Studi Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas
Nias, Alamat Jalan Pancasila No. 10, Kota Gunungsitoli, Sumatera Utara

*Email Korespondensi : lestari.purnamaintangulo@gmail.com

ABSTRAK

Budidaya ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) menghadapi tantangan berupa tingginya biaya pakan akibat ketergantungan pada tepung ikan komersial, sementara limbah hasil pengolahan perikanan berupa tulang, sisik, kepala, insang, dan jeroan masih kurang dimanfaatkan dan berpotensi mencemari lingkungan apabila dibiarkan menumpuk. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan pemanfaatan limbah perikanan sebagai bahan baku pakan mandiri serta menganalisis pengaruhnya terhadap kinerja pertumbuhan benih ikan patin siam. Tepung ikan alternatif diolah dari limbah kepala, tulang, kulit, dan sisik melalui tahap pencucian, perebusan, penyangraian, pengeringan, dan penggilingan, kemudian diformulasikan bersama dedak padi, tepung tapioka, dan vitamin menjadi pakan berbentuk pelet. Pakan tersebut diberikan kepada benih ikan patin siam selama 70 hari pemeliharaan dengan pengamatan bobot dan panjang tubuh setiap 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan tepung ikan berwarna coklat keabu-abuan dengan tekstur halus dan seragam, sedangkan pelet yang dihasilkan berwarna coklat dan bertekstur padat. Rata-rata bobot ikan meningkat dari 7,0 gram pada hari ke-7 menjadi 13,1 gram pada hari ke-70, dengan pertumbuhan bobot mutlak 6,1 gram, pertumbuhan panjang total mutlak 2,17 cm, laju pertumbuhan spesifik 0,99% per hari, dan tingkat kelangsungan hidup (mencapai 100%). Hasil ini menunjukkan bahwa limbah perikanan berpotensi besar dimanfaatkan sebagai substitusi tepung ikan komersial dalam formulasi pakan mandiri yang mendukung pertumbuhan optimal benih ikan patin siam sekaligus mereduksi pencemaran lingkungan akibat limbah industri pengolahan ikan.

Kata Kunci: Budidaya Berkelanjutan, Ikan Patin, Limbah Perikanan, Pakan Mandiri, Pertumbuhan

ABSTRACT

Siamese catfish (*Pangasius hypophthalmus*) aquaculture faces the challenge of high feed costs due to reliance on commercial fish meal, while fishery processing byproducts such as bones, scales, heads, gills, and offal remain underutilized and have the potential to pollute the environment if allowed to accumulate. This study aims to describe the utilization of fishery byproducts as raw materials for self-produced feed and to analyze their effect on the growth performance of Siamese catfish fry. The alternative fish meal was processed from waste consisting of heads, bones, skin, and scales through the stages of washing, boiling, roasting, drying, and grinding, then formulated together with rice bran, tapioca flour, and vitamins into pellet-shaped feed. This feed was provided to Siamese catfish fry during a 70-day rearing period, with body weight and length measured every 7 days. The results showed that the fish meal was grayish-brown in color with a fine, uniform texture, while the resulting pellets were brown and had a dense texture. The average fish weight increased from 7.0 grams on day 7 to 13.1 grams on day 70, with an absolute weight gain of 6.1 grams, an absolute total length gain of 2.17 cm, a specific growth rate of 0.99% per day, and a survival rate reaching 100%. These results indicate that fishery waste has great potential to be utilized as a substitute for commercial fish meal in self-sufficient feed formulations that support optimal growth of Siamese catfish fry while reducing environmental pollution caused by waste from the fish processing industry.

Keywords: Sustainable Aquaculture, Catfish, Aquaculture Waste, Self-Produced Feed, Growth

PENDAHULUAN

Budidaya ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) merupakan salah satu subsektor akuakultur air tawar yang terus berkembang di Indonesia karena permintaan pasar yang tinggi, laju pertumbuhan yang relatif cepat, serta kemampuan adaptasi pada berbagai kondisi lingkungan pemeliharaan, termasuk pada sistem kolam terpal sederhana (Gea *et al.*, 2025). Keberlanjutan usaha budidaya ini sangat bergantung pada ketersediaan pakan, mengingat pakan dapat menyumbang lebih dari separuh biaya produksi, sementara sebagian besar bahan baku protein hewani berupa tepung ikan masih bergantung pada pasokan global yang terbatas dan rentan terhadap fluktuasi harga akibat tekanan terhadap sumber daya perikanan tangkap (Roberts *et al.*, 2024).

Di sisi lain, industri pengolahan hasil perikanan menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar berupa tulang, sisik, kepala, insang, dan jeroan yang selama ini sebagian besar hanya dibuang atau ditimbun sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan di sekitar sentra pengolahan ikan (Iqbal *et al.*, 2023). Padahal, bagian-bagian tersebut masih menyimpan kandungan protein, lemak, dan mineral yang cukup tinggi; limbah tulang dan kepala ikan patin misalnya dilaporkan mengandung protein kasar dan kalsium yang berpotensi diolah menjadi tepung tulang ikan, sedangkan limbah jeroan kaya akan lemak yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber minyak ikan maupun tepung pakan (Iqbal *et al.*, 2023).

Berbagai kajian terbaru menunjukkan bahwa limbah perikanan dapat divalorisasi menjadi tepung ikan dengan kandungan protein kasar yang memenuhi standar bahan

baku pakan, baik yang berasal dari bagian tubuh maupun kepala ikan (Farida *et al.*, 2024). Pemanfaatan limbah semacam ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dalam industri akuakultur, yaitu mengubah hasil samping yang tidak lagi bernilai ekonomis menjadi sumber protein alternatif pengganti tepung ikan komersial yang harganya terus meningkat seiring meningkatnya tekanan terhadap stok ikan laut (Sampathkumar *et al.*, 2023). Kerangka ekonomi sirkular semacam ini juga ditegaskan dalam kajian komprehensif mengenai valorisasi limbah hasil laut yang menyoroti potensi hasil samping perikanan sebagai bahan pakan bernilai tambah dalam mendukung produksi akuakultur intensif yang berkelanjutan (Mellett *et al.*, 2023), sekaligus sejalan dengan konsep "Aquafeed 3.0" yang mendorong transisi industri pakan akuakultur menuju kerangka bioekonomi sirkular yang lebih tangguh terhadap keterbatasan bahan baku protein konvensional (Stefanie & Colombo, 2021).

Selain diolah menjadi tepung, limbah perikanan khususnya jeroan juga dapat diproses melalui hidrolisis maupun fermentasi menjadi hidrolisat protein yang terbukti mampu memperbaiki kondisi saluran pencernaan dan mendukung pertumbuhan ikan budidaya sekaligus mengurangi ketergantungan pada tepung ikan (Howieson, 2023). Pemanfaatan tepung ikan dari limbah tersebut umumnya dipadukan dengan bahan baku lokal lain seperti dedak padi yang telah difermentasi untuk meningkatkan pencernaan dan efisiensi pemanfaatan pakan pada ikan air tawar (Gibran & Mahfud, 2024), serta dapat pula diperkaya dengan asam amino esensial seperti lisin yang terbukti meningkatkan laju pertumbuhan spesifik dan efisiensi pakan pada ikan patin (Rachmawati & Nurhayati, 2022).

Pendekatan pemanfaatan limbah untuk pakan tersebut juga mendukung upaya keberlanjutan produksi akuakultur secara lebih luas, mengingat peningkatan produksi budidaya global menuntut inovasi bahan baku pakan yang ramah lingkungan dan tidak semata-mata mengandalkan hasil tangkapan laut (Nathanailides, 2025). Berdasarkan uraian tersebut, artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan proses pemanfaatan limbah perikanan berupa tulang, sisik, kepala, insang, dan jeroan sebagai bahan baku pakan mandiri, serta menganalisis pengaruh pemberian pakan tersebut terhadap kinerja pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) selama masa pemeliharaan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan secara bertahap di Laboratorium Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias. Tahap pembuatan tepung ikan dari limbah ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) dilaksanakan pada akhir Maret 2026. Tahap formulasi pakan mandiri, pemeliharaan, dan pengamatan pertumbuhan benih ikan patin siam selama 70 hari selanjutnya dilaksanakan hingga pertengahan Juni 2026.

Bahan Baku Limbah Perikanan

Bahan baku utama pembuatan tepung ikan pada penelitian ini berupa limbah hasil samping pengolahan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang diperoleh dari pemindangan di Pasar NOU Gunungsitoli, meliputi kepala, tulang, kulit, dan sisik. Limbah basah yang dikumpulkan pada penelitian ini berjumlah 2,5 kg, yang

selanjutnya diolah menjadi tepung ikan sebanyak 500 gram sehingga diperoleh rendemen tepung ikan sebesar 20%.

Prosedur Pembuatan Tepung Ikan

Pembuatan tepung ikan diawali dengan pencucian limbah ikan menggunakan air bersih. Limbah ikan selanjutnya direbus selama 15-20 menit, kemudian disangrai tanpa minyak, lalu dikeringkan menggunakan kombinasi penjemuran di bawah sinar matahari selama 2 hari dan pengeringan oven termostatik pada suhu 100°C selama 5 jam hingga benar-benar kering. Tepung ikan kering selanjutnya digiling menggunakan blender mekanis hingga diperoleh tepung ikan berbentuk halus dan homogen.

Formulasi dan Pembuatan Pakan Mandiri

Tepung ikan hasil olahan limbah selanjutnya diformulasikan bersama dedak padi, tepung tapioka, dan vitamin cair dengan komposisi sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Seluruh bahan kering dicampur hingga homogen, kemudian vitamin cair ditambahkan secara merata dan adonan didiamkan semalaman untuk mengoptimalkan gelatinisasi tepung tapioka sebagai bahan perekat. Adonan pakan selanjutnya dicetak secara manual menjadi pelet berbentuk silinder berdiameter ± 3 mm menggunakan mesin pelletizer kemudian dikeringkan sebelum diberikan kepada ikan uji.

Tabel 1. Formulasi Bahan Baku Pakan Mandiri Berbasis Tepung Ikan dari Limbah Perikanan

Bahan Baku	Jumlah	Persentase (%)
Tepung ikan (limbah kepala, tulang, kulit, sisik)	250 gram	45,45
Dedak padi	250 gram	45,45
Tepung tapioka	50 gram	9,10
Vitamin	20 mililiter	-
Total (bahan kering)	550 gram	100,00

Pemeliharaan dan Pengamatan Pertumbuhan

Ikan uji berupa benih ikan patin siam sebanyak 10 ekor dengan ukuran awal rata-rata bobot 7,0 gram dan panjang total 9,50 cm dipelihara dalam ember tutup berukuran 80 liter selama 70 hari, dengan pemberian pakan secara rutin sesuai *feeding rate* yang disesuaikan dengan persentase bobot biomassa ikan setiap minggunya. Sampling pertumbuhan dilakukan setiap 7 hari terhadap sepuluh ekor ikan contoh dengan mengukur bobot menggunakan timbangan digital serta panjang total dan panjang standar menggunakan alat ukur panjang.

Parameter dan Analisis Data

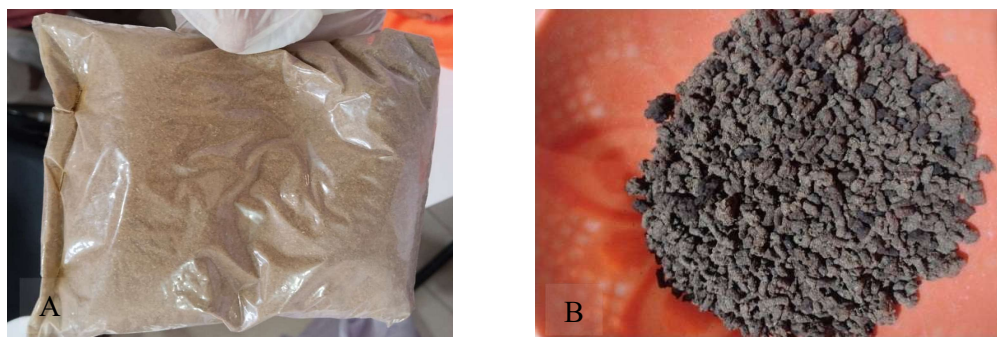
Pembuatan tepung ikan dari limbah kepala, tulang, kulit, dan sisik ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). Kinerja pertumbuhan benih ikan patin siam dievaluasi melalui dua

parameter utama, yaitu Laju Pertumbuhan Spesifik atau *Specific Growth Rate* (SGR) dan Tingkat Kelangsungan Hidup atau *Survival Rate* (SR). SGR dihitung berdasarkan selisih logaritma natural bobot rata-rata akhir dan awal dibagi lama masa pemeliharaan (hari) lalu dikalikan 100%, sedangkan SR dihitung dari perbandingan jumlah ikan hidup pada akhir pemeliharaan dengan jumlah ikan pada awal pemeliharaan yang dikalikan 100%. Selain itu, dilakukan pula pengamatan karakteristik organoleptik tepung ikan dan pakan secara deskriptif, meliputi warna, dan tekstur secara visual selama pemberian pakan berlangsung. Parameter-parameter tersebut lazim digunakan untuk mengevaluasi efektivitas formulasi pakan berbasis bahan baku alternatif pada ikan patin (Rachmawati & Nurhayati, 2022). Data kuantitatif yang diperoleh selanjutnya diolah secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik tren pertumbuhan untuk ditarik kesimpulan.

HASIL

Karakteristik Tepung Ikan dan Pakan

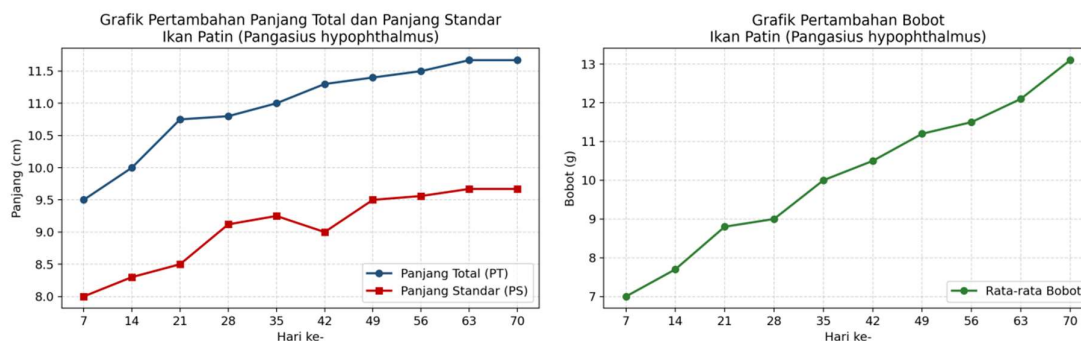
Pembuatan tepung ikan dari limbah kepala, tulang, kulit, dan sisik menghasilkan produk berbentuk tepung halus dan seragam dengan warna cokelat keabu-abuan serta aroma khas ikan. Pakan mandiri yang dihasilkan dari formulasi tepung ikan berbasis limbah, dedak padi, dan tepung tapioka memiliki warna cokelat dengan tekstur padat.



Gambar 1. A. Tepung Ikan dari Limbah Ikan; B. Pakan Ikan dari Tepung Ikan

Tabel 2. Rata-rata Bobot dan Panjang Ikan Patin Siam Setiap 7 Hari Pengamatan

Hari ke-	Rata-Rata Bobot	Rata-Rata Panjang Total (PT)	Rata-Rata Panjang Standar (PS)
7	7,0	9,5	8,00
14	7,7	10,0	8,30
21	8,8	10,75	8,50
28	9,0	10,8	9,12
35	10,0	11,00	9,25
42	10,5	11,30	9,00
49	11,2	11,40	9,50
56	11,5	11,50	9,56
63	12,1	11,67	9,67
70	13,1	11,67	9,67



Gambar 2. Pertambahan Panjang dan Pertambahan Bobot Ikan Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) Selama 70 Hari Pemeliharaan kanan)

Data pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata bobot ikan meningkat secara konsisten dari 7,0 gram pada hari ke-7 menjadi 13,1 gram pada hari ke-70. Tren positif ini juga disertai dengan peningkatan rata-rata panjang total dari 9,50 cm menjadi 11,67 cm serta panjang standar dari 8,00 cm menjadi 9,67 cm.

Tabel 3. Nilai Pertumbuhan Mutlak, SGR, dan SR pada Akhir Pemeliharaan (Hari ke-70)

Parameter	Nilai
Bobot awal individu (W_0)	7,0 g
Bobot akhir individu (W_t)	13,1 g
Pertumbuhan bobot mutlak (ΔW)	6,1 g
Pertumbuhan panjang total mutlak (ΔL)	2,17 cm
Laju pertumbuhan spesifik (SGR)	0,99 %/hari
Tingkat kelangsungan hidup (SR)	100 %

Nilai SGR yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 0,99% per hari, sedangkan tingkat kelangsungan hidup atau *Survival Rate* (SR) benih mencapai angka sempurna yaitu 100% pada akhir masa pemeliharaan (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Tahap pembuatan tepung ikan dari limbah kepala, tulang, kulit, dan sisik pada penelitian ini sejalan dengan prinsip valorisasi limbah perikanan yang bertujuan mengurangi beban pencemaran lingkungan sekaligus menciptakan bahan baku pakan yang bernilai tambah. Proses perebusan dan penyangraian selanjutnya berfungsi efektif untuk mengurangi kadar air bebas serta membunuh mikroorganisme kontaminan, sedangkan pengeringan dan penggilingan menentukan tingkat kehalusan serta daya simpan tepung ikan yang dihasilkan. Hal ini konsisten dengan temuan bahwa kontrol suhu dan durasi pemanasan pada proses pembuatan tepung ikan dari limbah tubuh dan kepala ikan sangat menentukan mutu akhir produk,

termasuk kadar air, kadar protein, dan nilai *total volatile basic nitrogen* (TVB-N) sebagai indikator tingkat kesegaran bahan baku (Farida *et al.*, 2024). Karakteristik tepung ikan hasil olahan limbah pada penelitian ini yang halus dan seragam juga sejalan dengan hasil evaluasi tepung ikan dari limbah tubuh dan kepala ikan lemuru yang menunjukkan kenampakan bersih dan warna cerah sebagai indikator mutu tepung ikan yang baik (Farida *et al.*, 2024).

Warna cokelat keabu-abuan yang dihasilkan baik pada tepung ikan maupun pakan mandiri hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa proses perebusan, penyangraian, dan pengeringan berlangsung merata tanpa menyebabkan gosong atau oksidasi berlebih pada bahan baku limbah ikan. Warna cerah dan bersih pada tepung ikan berbasis limbah dilaporkan menjadi salah satu indikator mutu fisik yang baik, sebagaimana ditemukan pada evaluasi tepung ikan dari limbah tubuh dan kepala ikan lemuru (Farida *et al.*, 2024). Kombinasi tepung ikan dari limbah dengan dedak padi dalam formulasi pakan turut menyumbang energi dan serat yang mendukung pencernaan pakan penggunaan dedak padi terfermentasi bahkan dilaporkan mampu meningkatkan performa pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan pada ikan nila dibandingkan dedak tanpa fermentasi (Gibran & Mahfud, 2024). Penambahan bahan lokal terfermentasi seperti campuran dedak halus pada pakan ikan air tawar juga dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan ikan dibandingkan pakan tanpa fermentasi (Da Costa & Rebhung, 2023), yang memperkuat rasionalisasi penggunaan dedak padi sebagai salah satu komponen utama formulasi pakan mandiri pada penelitian ini.

Grafik pertumbuhan bobot ikan yang meningkat secara konsisten dari hari pertama hingga hari ke-70 mengindikasikan bahwa ketersediaan protein dan mineral dari limbah perikanan yang diolah menjadi tepung ikan mampu diserap dengan baik untuk mendukung metabolisme anabolisme benih ikan uji. Pola pertumbuhan yang relatif stabil ini sebanding dengan pola pertumbuhan yang dilaporkan pada pemeliharaan ikan patin di kolam terpal, di mana pengelolaan kualitas air dan strategi pemberian pakan yang konsisten turut berkontribusi terhadap konsistensi pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup ikan (Junaidi *et al.*, 2024).

Nilai SGR sebesar 0,99% per hari pada penelitian ini tergolong sedang untuk skala pembesaran awal benih ikan patin siam. Nilai laju pertumbuhan spesifik pada ikan patin sangat dipengaruhi oleh kelengkapan dan keseimbangan profil asam amino esensial di dalam pakan. Penelitian mengenai suplementasi lisin sintetik pada pakan alternatif ikan patin menunjukkan bahwa penambahan asam amino pembatas tersebut mampu meningkatkan nilai SGR, efisiensi pemanfaatan pakan, dan rasio efisiensi protein secara signifikan dibandingkan pakan tanpa suplementasi (Rachmawati & Nurhayati, 2022). Oleh karena itu, potensi peningkatan kualitas tepung ikan berbasis limbah melalui strategi pengayaan (*enrichment*) asam amino esensial eksternal menjadi salah satu arah pengembangan lanjutan yang sangat relevan untuk diteliti.

Nilai SR yang mencapai 100% pada akhir pemeliharaan mengindikasikan bahwa kualitas pakan berbasis limbah perikanan yang diberikan sesuai dengan ambang kebutuhan hidup benih ikan patin siam serta tidak menimbulkan efek toksik maupun gangguan patologis yang berarti. Capaian SR ini juga sebanding dengan tingkat kelangsungan hidup benih ikan patin sebesar 90% yang dilaporkan pada sistem kolam terpal dengan pengelolaan kualitas air yang terkendali (Gea *et al.*, 2025), sehingga membuktikan bahwa pakan mandiri berbasis limbah perikanan pada penelitian ini aman digunakan. Capaian kelangsungan hidup yang tinggi ini sejalan pula dengan prinsip pemanfaatan produk hidrolisat protein dari limbah perikanan yang terbukti

mampu memperbaiki kondisi mukosa dan integritas saluran pencernaan ikan budidaya tanpa menimbulkan efek merugikan, bahkan pada proporsi substitusi tepung ikan komersial tingkat tinggi (Howieson, 2023).

Secara holistik, pemanfaatan limbah perikanan berupa tulang, sisik, kepala, insang, dan jeroan sebagai bahan baku pakan mandiri ini sangat linier dengan arah pengembangan akuakultur berkelanjutan (*Green Aquaculture*) yang berupaya memotong ketergantungan ekstrem terhadap tepung ikan komersial dan mengurangi tekanan eksploitasi terhadap sumber daya perikanan tangkap laut. Sebagai konteks tambahan mengenai potensi nutrisi bahan baku limbah yang digunakan, hasil analisis proksimat pada berbagai bagian limbah ikan patin menunjukkan bahwa komponen tulang mengandung protein kasar 8,55% dan kalsium 0,23%; kulit mengandung protein 12,80% dan lemak 12,94%; sedangkan jeroan mengandung lemak hingga 49,09% dengan kandungan protein 5,42% (Iqbal *et al.*, 2023). Data literatur ini menegaskan bahwa kombinasi berbagai bagian limbah perikanan tersebut secara nutrisi saling melengkapi (*complementary*) sebagai sumber protein dan mineral makro dalam penyusunan pakan mandiri. Inovasi bahan baku alternatif berbasis valorisasi limbah industri pangan, pengelolaan produksi yang efisien, serta perhatian penuh terhadap mitigasi dampak lingkungan merupakan tiga pilar utama yang perlu diperkuat secara simultan agar ketahanan pangan dari sektor produksi akuakultur dapat tumbuh secara berkelanjutan (Nathanailides, 2025; Sampathkumar *et al.*, 2023). Di tingkat global, kebutuhan pakan akuakultur yang terus melonjak tajam menuntut diversifikasi sumber protein alternatif yang ramah lingkungan agar tidak semakin membebani kelestarian stok ikan liar di ekosistem perairan laut (Roberts *et al.*, 2024).

KESIMPULAN

Limbah dari ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) bisa digunakan sebagai bahan baku untuk pakan ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*). Limbah tersebut berhasil divalorisasi menjadi produk tepung ikan lokal bertekstur halus dan seragam yang layak digunakan sebagai bahan baku protein alternatif pengganti tepung ikan komersial. Formulasi pakan mandiri yang memadukan tepung limbah perikanan dengan dedak padi dan tepung tapioka menghasilkan pakan berwarna cokelat keabuan. Pakan mandiri ini terbukti efektif mendukung kinerja pertumbuhan benih ikan patin siam secara konsisten selama 70 hari masa pemeliharaan, dengan capaian Pertumbuhan Bobot Mutlak sebesar 6,1 gram, Pertumbuhan Panjang Total Mutlak 2,17 cm, Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) 0,99% per hari, serta Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) mencapai 100%. Temuan ini menegaskan bahwa optimalisasi pemanfaatan limbah perikanan sebagai komponen substitusi tepung ikan komersial merupakan strategi berkelanjutan yang layak dikembangkan untuk mendukung tata kelola akuakultur yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Praktikum Nutrisi dan Pakan Ikan, rekan-rekan sekelompok, serta Program Studi Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, atas dukungan fasilitas laboratorium dan bimbingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Farida, I., Samanta, P. N., & Maulana, H. (2024). *Evaluasi Mutu Nutrisi dan Organoleptik Tepung Ikan yang Berasal dari Bagian Tubuh dan Kepala Ikan Lemuru*. 21(1), 38–47.
- Gea, R., Zai, R., & Lombu, F. P. (2025). *Analisis Kinerja Pertumbuhan Ikan Patin (Pangasius Sp .) pada Sistem Budidaya dengan Kolam Terpal*. 3.
- Gibran, M. H., & Mahfud, C. R. (2024). *Pengaruh Dedak Padi Terfermentasi Menggunakan Fermentor Berbeda dalam Pakan Ikan Nila Effect of Fermented Rice Brant Using Different Fermentors in Tila Fish Feeding*. 13(3), 461–470.
- Howieson, J. (2023). *Fish waste to sustainable additives : Fish protein hydrolysates alleviate intestinal dysbiosis and muscle atrophy induced by poultry by-product meal in Lates calcarifer juvenile*. March, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1145068>
- Imam Iqbal, Subkhan Riza, Gevisioner, Shinta Utiya Syah, Andi M. Ilham, T., & Mastina. (2023). *Pemanfaatan Potensi Limbah Industri Pengolahan Ikan Patin (Pangasius Sp) di Kabupaten Kampar Potential Utilization Of Patin Fish (Pangasius Sp) Processing Industry in Kampar District. Kebijakan Pembangunan Dan Inovasi*, 6(1), 1–12.
- Mellet, S., Cooney, R., Baptista, D., Sousa, D., Fern, A., Rowan, N., Morse, A. P., Hayes, M., Laso, J., Regueiro, L., HI, A., & Clifford, E. (2023). *A circular economy framework for seafood waste valorisation to meet challenges and opportunities for intensive production and sustainability*. 392(February). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136283>
- Nathanailides, C. (2025). *Advancing Sustainable Aquaculture : Enhancing Production Methods , Innovating Feeds , Promoting Animal Welfare , and Minimizing Environmental Impact*. 5–7.
- Rachmawati, D., & Nurhayati, D. (2022). *DEPIK Effect of dietary lysine on the growth performance of Pangasius hypophthalmus*. 11(March), 111–116. <https://doi.org/10.13170/depik.11.2.23824>
- Roberts, S., Jacquet, J., Majluf, P., & Hayek, M. N. (2024). *Feeding global aquaculture*. 9698(October), 1–11. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn9698>
- Sampathkumar, K., Yu, H., Chye, S., & Loo, J. (2023). *Valorisation of industrial food waste into sustainable aquaculture feeds*. *Future Foods*, 7(April), 100240. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100240>
- Stefanie M. Colombo, G. M. T. (2021). *‘ Aquafeed 3 . 0 ’: creating a more resilient aquaculture industry with a circular bioeconomy framework*. 1156–1158. <https://doi.org/10.1111/raq.12567>