



Analisis Proksimat Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Berbasis Tepung Bekicot, *Azolla*, dan Kunyit sebagai Suplementasi Fitobiotik

Muhammad Kelvin S. Pontoh¹, Tusaban^{*2}, Dewi Shinta Achmad³, Nur Jihan Fareranty Piu⁴

¹⁻⁴Program Studi Akuakultur, Fakultas Sains dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Indonesia

*Penulis Korespondensi: tusaban@umgo.ac.id

Abstract. High feed costs remain a major constraint in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) aquaculture, requiring alternative feed formulations based on local ingredients with adequate nutritional quality. This study aimed to evaluate the proximate composition of fish feed formulated from snail meal, *Azolla* meal, and turmeric as a phytobiotic supplement. The study used an experimental method with a Completely Randomized Design consisting of three treatments and three replications. The feed formulations were P1, consisting of 55% snail meal, 25% *Azolla* meal, 5% turmeric, 10% corn flour, and 5% tapioca flour; P2, consisting of 39% snail meal, 39% *Azolla* meal, 7% turmeric, 10% corn flour, and 5% tapioca flour; and P3, consisting of 25% snail meal, 51% *Azolla* meal, 9% turmeric, 10% corn flour, and 5% tapioca flour. The analyzed parameters included protein, moisture, fat, ash, crude fiber, and carbohydrate contents. Data were analyzed using analysis of variance followed by the Least Significant Difference test. The results showed that feed formulation significantly affected all proximate parameters. P3 produced the highest protein content of 43.87%, fat content of 3.68%, crude fiber of 3.11%, and carbohydrate content of 7.28%, while also producing the lowest ash content of 28.46%. Moisture content ranged from 1.11% to 1.30%, indicating good feed storage stability. These findings demonstrate that the integration of snail meal, *Azolla*, and turmeric can improve the nutritional quality of alternative Nile tilapia feed and support locally based sustainable aquaculture feed development.

Keywords: snail meal; *Azolla* meal; turmeric phytobiotic; proximate analysis; Nile tilapia.

Abstrak. Biaya pakan yang tinggi masih menjadi kendala utama dalam budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*), sehingga diperlukan formulasi pakan alternatif berbasis bahan lokal dengan kualitas nutrisi yang memadai. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi komposisi proksimat pakan ikan yang diformulasikan dari tepung bekicot, tepung *Azolla*, dan kunyit sebagai suplemen fitobiotik. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga ulangan. Formulasi pakan yang diuji adalah P1, terdiri atas 55% tepung bekicot, 25% tepung *Azolla*, 5% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji; P2, terdiri atas 39% tepung bekicot, 39% tepung *Azolla*, 7% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji; serta P3, terdiri atas 25% tepung bekicot, 51% tepung *Azolla*, 9% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji. Parameter yang dianalisis meliputi kadar protein, air, lemak, abu, serat kasar, dan karbohidrat. Data dianalisis menggunakan analisis varians dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi pakan berpengaruh sangat nyata terhadap seluruh parameter proksimat. P3 menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 43,87%, lemak 3,68%, serat kasar 3,11%, dan karbohidrat 7,28%, serta menghasilkan kadar abu terendah sebesar 28,46%. Kadar air berkisar antara 1,11–1,30%, yang menunjukkan stabilitas penyimpanan pakan yang baik. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi tepung bekicot, *Azolla*, dan kunyit dapat meningkatkan kualitas nutrisi pakan alternatif ikan nila dan mendukung pengembangan pakan akuakultur berkelanjutan berbasis bahan lokal.

Kata kunci: tepung bekicot; tepung *Azolla*; fitobiotik kunyit; analisis proksimat; ikan nila.

1. LATAR BELAKANG

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memiliki posisi strategis dalam pengembangan akuakultur karena spesies ini memiliki kemampuan adaptasi yang baik, bersifat omnivora, tumbuh relatif cepat, dan sesuai dikembangkan dalam sistem budidaya intensif maupun semi-intensif (Boyd, 2004). Sebagai salah satu ikan budidaya penting secara global, produktivitas ikan nila sangat dipengaruhi oleh kualitas pakan, terutama kecukupan protein sebagai nutrisi utama yang menentukan pertumbuhan dan efisiensi produksi (Meurer et al., 2024). Dalam sistem akuakultur, pakan bukan hanya berperan sebagai sumber energi dan bahan pembentuk jaringan, tetapi juga menjadi faktor ekonomi paling dominan dalam menentukan keberhasilan usaha. Biaya pakan dapat mencapai sekitar 60–70% dari total biaya operasional akuakultur, sedangkan tepung ikan dapat menyumbang 50–70% dari bahan baku pakan (Macusi et al., 2023). Kondisi ini menempatkan formulasi pakan sebagai isu krusial, terutama bagi pembudidaya skala kecil dan menengah yang sangat rentan terhadap kenaikan harga pakan komersial. Selain aspek ekonomi, manajemen pakan yang tidak tepat juga dapat meningkatkan limbah organik di perairan, menurunkan kualitas lingkungan budidaya, dan mengganggu keberlanjutan sistem produksi.

Kebutuhan untuk mengembangkan pakan alternatif berbasis bahan lokal semakin mendesak karena akuakultur modern tidak hanya dituntut meningkatkan produktivitas, tetapi juga menekan ketergantungan pada bahan baku konvensional yang mahal dan terbatas. Penggantian tepung ikan dengan sumber protein alternatif telah menjadi salah satu fokus utama penelitian pakan karena alternatif protein dapat digunakan secara parsial maupun penuh apabila memenuhi persyaratan asam amino, pencernaan, palatabilitas, dan performa pertumbuhan (Macusi et al., 2023). Tinjauan sistematis mengenai bahan non-konvensional untuk pakan tilapia menunjukkan bahwa dari 795 artikel yang disaring melalui Scopus dan Web of Science, sebanyak 144 dokumen relevan mengkaji bahan pakan dari tanaman darat, bahan hewani, alga, fungi, atau kombinasi beberapa sumber (Zuluaga-Hernández et al., 2023). Dalam distribusi tersebut, 50,7% bahan berasal dari tanaman darat, 22,2% dari bahan hewani, 13,9% dari alga, dan 9% dari fungi, yang menunjukkan bahwa kombinasi sumber hewani dan nabati merupakan arah penting dalam pengembangan pakan ikan nila berkelanjutan (Zuluaga-Hernández et al., 2023). Oleh karena itu, pemanfaatan tepung bekicot, *Azolla*, dan kunyit sebagai bahan lokal memiliki relevansi kuat dalam konteks efisiensi biaya, peningkatan kualitas nutrisi, dan penerapan prinsip akuakultur berbasis sumber daya lokal.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengembangan pakan ikan nila adalah bagaimana memperoleh formulasi pakan yang bernutrisi tinggi, ekonomis, mudah diproduksi,

dan tetap mendukung keberlanjutan lingkungan. Ketergantungan terhadap tepung ikan atau bahan pakan komersial menyebabkan biaya produksi tetap tinggi, sementara penggunaan bahan lokal sering menghadapi tantangan berupa variasi kandungan nutrisi, keterbatasan pencernaan, serta perlunya pengolahan yang tepat. Bahan protein hewani alternatif umumnya menarik sebagai pengganti tepung ikan karena memiliki kandungan protein dan lemak tinggi, profil asam amino esensial yang baik, serta palatabilitas yang mendukung konsumsi pakan (Macusi et al., 2023). Di sisi lain, bahan protein nabati dapat menjadi pengganti tepung ikan apabila memiliki protein kasar yang cukup, pencernaan yang dapat diterima, dan kadar antinutrisi yang rendah (Macusi et al., 2023). Namun, formulasi pakan yang hanya mengandalkan satu jenis bahan alternatif sering kali belum mampu menghasilkan keseimbangan nutrisi yang optimal, sehingga pendekatan kombinatif antara protein hewani, protein nabati, dan bahan fungsional perlu dikaji lebih lanjut.

Salah satu solusi umum yang dapat dikembangkan adalah penggunaan bahan lokal yang tersedia melimpah dan memiliki potensi nutrisi tinggi. Tepung bekicot (*Achatina fulica*) dapat dipertimbangkan sebagai sumber protein hewani lokal karena bekicot merupakan organisme yang banyak ditemukan, sering dipandang sebagai hama tanaman, dan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber protein pakan. Penelitian tentang bekicot raksasa Afrika menunjukkan bahwa bagian tubuh lunak *Achatina fulica* mengandung lebih dari 50% protein kasar berdasarkan bahan kering, sedangkan seluruh tubuh mengandung sekitar 25% protein dan cangkang hanya sekitar 2% protein (Pathak et al., 2025). Data ini menunjukkan bahwa daging bekicot dapat berperan sebagai sumber protein terkonsentrasi, tetapi keterlibatan bagian cangkang perlu diperhatikan karena dapat meningkatkan fraksi mineral atau kadar abu. Selain itu, bekicot telah diuji sebagai sumber protein alternatif untuk ikan nila dalam studi pemberian pakan selama dua bulan menggunakan diet berbasis kedelai, campuran kedelai–bekicot, dan tepung bekicot (Prasad & Chaudhary, 2019). Informasi ini mendukung kelayakan awal tepung bekicot sebagai bahan pakan alternatif, terutama apabila diproses secara higienis melalui pembersihan, perebusan, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan.

Selain tepung bekicot, *Azolla pinnata* merupakan bahan nabati lokal yang menjanjikan karena memiliki komposisi nutrisi yang mendukung pengembangan pakan ikan. *Azolla pinnata* dilaporkan mengandung sekitar 25–30% protein, 10–15% mineral, 7–10% karbohidrat, biopolimer, senyawa bioaktif, dan asam amino (Korsa et al., 2025). Profil asam aminonya juga meningkatkan nilai bahan ini sebagai pakan, termasuk keberadaan asam amino esensial seperti lisin yang dapat melengkapi sumber protein lain (Korsa et al., 2025). Penggunaan *Azolla* dalam

pakan ikan telah dikaji sebagai alternatif berkelanjutan terhadap bahan konvensional seperti tepung kedelai dan jagung kuning, dengan level 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%; pada ikan belanak tipis (*Liza ramada*), inklusi 10% dilaporkan memberikan respons terbaik terhadap pertumbuhan, rasio konversi pakan, dan rasio efisiensi protein (Toutou et al., 2025). Meskipun studi tersebut tidak dilakukan pada ikan nila, hasilnya menunjukkan bahwa *Azolla* dapat berfungsi sebagai bahan pakan berkelanjutan apabila tingkat penggunaannya disesuaikan. Hal ini penting karena protein nabati dapat memiliki keterbatasan berupa serat, faktor antinutrisi, ketidakseimbangan asam amino, atau pencernaan yang lebih rendah, sehingga proporsinya perlu dirancang secara hati-hati (Hussain et al., 2024).

Komponen ketiga yang berpotensi memperkuat formulasi pakan adalah kunyit (*Curcuma longa*) sebagai sumber fitobiotik. Kunyit mengandung kurkumin yang dikenal memiliki sifat antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi, serta berpotensi mendukung kesehatan saluran pencernaan dan pemanfaatan nutrisi pada ikan. Pada ikan nila, suplementasi kurkumin dilaporkan meningkatkan pertumbuhan, pemanfaatan pakan, status antioksidan, respons imun, dan ketahanan terhadap *Aeromonas hydrophila* melalui percobaan diet yang mengandung 0, 50, 100, 150, dan 200 mg kurkumin kg⁻¹ pakan selama 84 hari (Mahmoud et al., 2017). Ikan nila yang diberi kurkumin menunjukkan peningkatan bobot akhir, penambahan bobot harian, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan rasio efisiensi protein, terutama pada dosis 50 mg kg⁻¹ (Mahmoud et al., 2017). Selain itu, kurkumin meningkatkan aktivitas lisozim, IgG total, IgM, serta menurunkan beban bakteri dalam air dan isi usus, sehingga kunyit dapat dipandang tidak hanya sebagai pemacu pertumbuhan tetapi juga sebagai bahan pendukung kesehatan ikan (Mahmoud et al., 2017). Studi lain mengenai nanopartikel kurkumin juga menunjukkan peningkatan aktivitas enzim pencernaan, respons antioksidan, imunitas, dan struktur absorptif usus ikan nila, dengan kisaran optimum sekitar 45–55 mg kg⁻¹ pakan (Abdel-Tawwab et al., 2022). Temuan ini memperkuat rasionalitas penambahan kunyit dalam formulasi pakan berbasis bahan lokal.

Literatur yang tersedia menunjukkan bahwa tepung bekicot, *Azolla*, dan kunyit masing-masing memiliki potensi sebagai bahan pakan, tetapi sebagian besar kajian masih menempatkannya secara terpisah. Tepung bekicot mendukung penyediaan protein hewani lokal, *Azolla* menyediakan protein nabati, mineral, karbohidrat, serta senyawa bioaktif, sedangkan kunyit berperan sebagai fitobiotik yang dapat memperbaiki pemanfaatan pakan dan status kesehatan ikan (Prasad & Chaudhary, 2019; Korsa et al., 2025; Mahmoud et al., 2017). Penelitian lokal mengenai suplementasi kunyit pada pelet ikan nila juga menunjukkan pengaruh terhadap pertumbuhan, kelulushidupan, dan efisiensi pakan, dengan laju

pertumbuhan bobot spesifik masing-masing 2,27%, 2,50%, 2,72%, dan 1,53%, serta tingkat kelangsungan hidup 80,55%, 91,67%, 97,22%, dan 69,45% pada perlakuan yang berbeda (Nurfaidah et al., 2024). Namun, belum banyak kajian yang secara spesifik mengintegrasikan tepung bekicot sebagai protein hewani, *Azolla* sebagai protein nabati, dan kunyit sebagai fitobiotik dalam satu formulasi pakan ikan nila, khususnya melalui evaluasi komposisi proksimat. Kesenjangan ini penting karena kualitas kimia pakan merupakan tahap awal yang menentukan kelayakan suatu formulasi sebelum diuji lebih lanjut terhadap performa pertumbuhan, rasio konversi pakan, kelangsungan hidup, dan kualitas air.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kombinasi tepung bekicot, tepung *Azolla*, dan suplementasi kunyit terhadap kualitas nutrisi proksimat pakan ikan nila. Parameter yang dikaji meliputi kadar protein, kadar air, lemak, abu, serat kasar, dan karbohidrat sebagai indikator utama kualitas kimia pakan. Secara konseptual, penelitian ini didasarkan pada hipotesis bahwa kombinasi protein hewani, protein nabati, dan fitobiotik dapat menghasilkan formulasi pakan yang lebih seimbang dan fungsional dibandingkan penggunaan bahan alternatif secara terpisah. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi tiga komponen lokal tersebut dalam satu formulasi pakan dan evaluasi komprehensif terhadap komposisi proksimatnya. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada analisis kimia pakan, sehingga hasilnya dimaksudkan sebagai dasar ilmiah awal untuk pengembangan pakan ikan nila yang lebih ekonomis, bernutrisi, dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap inovasi formulasi pakan berbasis bahan lokal, sekaligus mendukung strategi pengurangan biaya produksi dan peningkatan keberlanjutan akuakultur ikan nila.

2. KAJIAN TEORITIS

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas ikan air tawar yang penting dalam akuakultur karena memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi, pola makan omnivora, pertumbuhan relatif cepat, dan kesesuaian untuk dibudidayakan dalam sistem intensif maupun semi-intensif (Boyd, 2004). Secara historis, ikan nila berasal dari kawasan Afrika, terutama Sungai Nil, Danau Tanganyika, dan Kenya, kemudian menyebar ke berbagai wilayah seperti Eropa, Amerika, Timur Tengah, dan Asia. Di Indonesia, ikan nila secara resmi diperkenalkan dari Taiwan pada tahun 1969 dan sejak itu berkembang menjadi salah satu spesies budidaya yang banyak digunakan dalam sistem perikanan air tawar. Karakter omnivora

ikan nila menjadikannya relevan untuk penelitian formulasi pakan karena spesies ini mampu memanfaatkan bahan pakan berbasis hewani maupun nabati. Dalam konteks nutrisi, kemampuan tersebut membuka peluang pemanfaatan bahan lokal seperti tepung bekicot, *Azolla*, dan bahan fitobiotik untuk mendukung efisiensi produksi pakan. Secara biologis, ikan nila dapat mencapai bobot tubuh sekitar 200–400 g, sehingga kebutuhan nutrisinya perlu disesuaikan dengan fase pertumbuhan dan tujuan produksi. Protein tetap menjadi nutrisi utama yang menentukan produktivitas ikan nila, tetapi kebutuhan protein tidak bersifat tetap karena dipengaruhi oleh ukuran ikan, strain, sistem budidaya, kepadatan tebar, kualitas bahan pakan, kualitas air, dan manajemen pemberian pakan (Meurer et al., 2024).

Klasifikasi dan Morfologi

Secara taksonomi, ikan nila termasuk dalam Filum Chordata, Subfilum Vertebrata, Kelas Pisces, Subkelas Teleostei, Ordo Percomorphi, Subordo Perchoidea, Famili Cichlidae, Genus *Oreochromis*, dan Spesies *Oreochromis niloticus*. Klasifikasi tersebut menempatkan ikan nila sebagai anggota kelompok Cichlidae yang secara luas dikenal memiliki kemampuan adaptasi ekologis dan fisiologis yang baik dalam berbagai lingkungan perairan budidaya. Dari aspek morfologi, ikan nila umumnya memiliki tubuh yang panjang dan ramping, sisik berukuran besar, mata besar menonjol, serta bagian tepi mata berwarna putih. Gurat sisi ikan nila terputus pada bagian tengah tubuh dan berlanjut pada posisi yang lebih rendah dari garis di atas sirip dada. Sirip punggung, sirip perut, dan sirip dubur memiliki jari-jari keras dan tajam seperti duri, sementara sirip punggung dan sirip dada tampak berwarna gelap atau kehitaman. Ikan nila memiliki lima jenis sirip, yaitu sirip punggung, sirip dada, sirip perut, sirip anus, dan sirip ekor. Sirip punggung memanjang dari bagian atas tutup insang hingga bagian atas sirip ekor, sedangkan sirip ekor berbentuk bulat. Karakter morfologi ini penting dipahami karena pertumbuhan, pembentukan jaringan, dan perkembangan ukuran tubuh sangat dipengaruhi oleh kecukupan nutrisi pakan. Oleh karena itu, kajian formulasi pakan perlu mempertimbangkan kebutuhan biologis ikan nila sebagai organisme budidaya yang pertumbuhannya bergantung pada kualitas nutrisi dan keseimbangan energi pakan (FAO, n.d.; Meurer et al., 2024).



Gambar 1. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Pertumbuhan dan Kebutuhan Nutrisi Ikan Nila

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi jenis kelamin, genetik, keturunan, kualitas induk, dan ukuran tubuh, sedangkan faktor eksternal mencakup kualitas air, kondisi lingkungan, dan pakan. Di antara faktor eksternal tersebut, pakan merupakan salah satu komponen paling menentukan karena berhubungan langsung dengan suplai energi, pembentukan jaringan, efisiensi metabolisme, dan produktivitas budidaya. Kualitas pakan yang baik harus mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ikan sesuai fase pertumbuhan. Meurer et al. (2024) menekankan bahwa kebutuhan protein ikan nila berubah sepanjang fase produksi; kebutuhan tersebut cenderung menurun seiring pertumbuhan sampai fase pembesaran, kemudian dapat meningkat kembali pada fase penggemukan. Dengan demikian, formulasi pakan tidak dapat hanya didasarkan pada ketersediaan bahan, tetapi harus mempertimbangkan kecukupan protein, keseimbangan energi, pencernaan bahan, dan karakter biologis ikan. Protein menjadi komponen utama karena ikan lebih banyak menggunakan protein sebagai bahan pembentuk jaringan dan sumber energi dibandingkan karbohidrat. Akan tetapi, pemanfaatan protein sebagai energi dapat dikurangi apabila pakan juga menyediakan lemak dan karbohidrat dalam jumlah seimbang. Oleh karena itu, pakan ikan nila idealnya mengintegrasikan protein berkualitas, sumber energi non-protein, mineral, serta bahan fungsional yang mendukung kesehatan pencernaan dan pemanfaatan nutrisi (FAO, n.d.; Meurer et al., 2024).

Nutrisi Pakan

Kandungan nutrisi pakan merupakan dasar utama yang menentukan pertumbuhan, kesehatan, efisiensi pakan, dan produktivitas ikan nila. Komponen nutrisi utama dalam formulasi pakan meliputi protein, lemak, karbohidrat, mineral, kadar air, kadar abu, dan serat kasar. FAO (n.d.) menjelaskan bahwa kualitas pakan dapat dievaluasi secara awal melalui analisis proksimat, yaitu pengukuran kadar air, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, abu, dan fraksi karbohidrat. Analisis tersebut penting karena memberikan gambaran kimia awal

mengenai kesesuaian bahan pakan dan pakan jadi terhadap kebutuhan nutrisi ikan. Protein merupakan komponen paling penting karena berperan dalam pertumbuhan jaringan, pembentukan enzim, dan metabolisme tubuh. Lemak berfungsi sebagai sumber energi padat dan membantu menghemat penggunaan protein sebagai energi. Karbohidrat menyediakan energi murah, sedangkan mineral yang tercermin dalam kadar abu berperan dalam pembentukan tulang, osmoregulasi, dan aktivitas enzim. Kadar air menentukan stabilitas penyimpanan pakan, sedangkan serat kasar perlu dikendalikan karena ikan nila memiliki kemampuan terbatas dalam mencerna serat berlebih. Keseimbangan semua komponen tersebut sangat penting untuk meningkatkan konversi pakan dan mengurangi limbah organik selama produksi akuakultur. Dengan demikian, pengembangan pakan alternatif berbasis bahan lokal harus dimulai dari evaluasi kimia yang jelas sebelum dilanjutkan pada pengujian pertumbuhan dan efisiensi biologis (FAO, n.d.; Macusi et al., 2023).

Tepung Bekicot (*Achatina fulica*)

Tepung bekicot merupakan salah satu sumber protein hewani lokal yang potensial untuk dikembangkan sebagai bahan pakan ikan. *Achatina fulica* adalah siput darat dari famili Achatinidae yang berasal dari Afrika Timur dan telah menyebar luas melalui aktivitas perdagangan. Di Indonesia, bekicot tersedia melimpah dan sering dianggap sebagai hama tanaman karena memakan berbagai jenis tanaman. Kondisi ini menjadikan bekicot sebagai bahan lokal yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi limbah biologis sekaligus menyediakan sumber protein pakan. Prasad dan Chaudhary (2019) telah menguji bekicot raksasa Afrika sebagai sumber protein alternatif untuk ikan nila dalam studi pemberian pakan selama dua bulan, yang menunjukkan bahwa organisme ini dapat dipertimbangkan dalam pengembangan pakan akuakultur. Secara nutrisi, bagian tubuh lunak *Achatina fulica* mengandung lebih dari 50% protein kasar berdasarkan bahan kering, sedangkan seluruh tubuh mengandung sekitar 25% protein dan bagian cangkang hanya sekitar 2% protein (Pathak et al., 2025). Perbedaan komposisi ini penting karena penggunaan bagian tubuh yang berbeda dapat memengaruhi kadar protein dan abu dalam pakan. Daging bekicot dapat menyediakan protein, asam amino, dan mineral penting, tetapi proses pascapanen seperti pembersihan, perebusan, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan perlu dilakukan secara tepat untuk menjaga keamanan serta kualitas nutrisi bahan (Pathak et al., 2025). Oleh sebab itu, tepung bekicot berpotensi menjadi sumber protein hewani lokal, terutama jika diformulasikan bersama bahan lain untuk menyeimbangkan kandungan mineral dan energi.

***Azolla* (*Azolla microphylla* / *Azolla pinnata*)**

Azolla merupakan tanaman paku air yang tumbuh mengapung di permukaan perairan, memiliki daun kecil yang saling menutupi, tekstur halus, dan warna hijau cerah. Jenis *Azolla* yang sering ditemukan dan dimanfaatkan meliputi *Azolla microphylla* dan *Azolla pinnata*. Dalam konteks formulasi pakan, *Azolla* menarik karena mengandung protein nabati, karbohidrat, mineral, asam amino, dan senyawa bioaktif. Korsa et al. (2025) melaporkan bahwa *Azolla pinnata* mengandung sekitar 25–30% protein, 10–15% mineral, 7–10% karbohidrat, serta asam amino dan senyawa bioaktif. Profil asam amino *Azolla*, terutama keberadaan lisin dan asam amino esensial lainnya, meningkatkan potensinya sebagai bahan pakan yang dapat melengkapi sumber protein hewani dalam formulasi seimbang (Korsa et al., 2025). Studi pada ikan belanak tipis menunjukkan bahwa tepung *Azolla pinnata* telah diuji pada tingkat 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, dengan inklusi 10% memberikan respons yang baik terhadap pertumbuhan, rasio konversi pakan, dan rasio efisiensi protein (Toutou et al., 2025). Meskipun hasil tersebut berasal dari spesies ikan selain nila, temuan itu memperkuat potensi *Azolla* sebagai bahan pakan berkelanjutan. Namun, penggunaan protein nabati perlu dikendalikan karena bahan nabati dapat memiliki keterbatasan berupa serat tinggi, faktor antinutrisi, ketidakseimbangan asam amino, dan pencernaan yang lebih rendah (Hussain et al., 2024). Oleh karena itu, *Azolla* sebaiknya tidak dipandang sebagai pengganti tunggal protein pakan, tetapi sebagai komponen nabati yang perlu dikombinasikan dengan sumber protein hewani dan bahan fungsional.

Suplementasi Fitobiotik

Fitobiotik merupakan suplemen pakan berbasis tumbuhan yang digunakan untuk meningkatkan produksi, kesehatan, dan efisiensi fisiologis hewan budidaya. Fitobiotik dapat berasal dari daun, batang, akar, buah, atau seluruh bagian tanaman yang mengandung senyawa bioaktif. Dalam penelitian ini, kunyit (*Curcuma longa*) digunakan sebagai fitobiotik karena mengandung kurkumin yang memiliki sifat antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi. Mahmoud et al. (2017) menunjukkan bahwa suplementasi kurkumin dalam pakan ikan nila pada dosis 0, 50, 100, 150, dan 200 mg kg⁻¹ selama 84 hari dapat meningkatkan pertumbuhan, pemanfaatan pakan, status antioksidan, respons imun, dan ketahanan terhadap *Aeromonas hydrophila*. Ikan yang diberi kurkumin menunjukkan peningkatan bobot akhir, penambahan bobot harian, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan rasio efisiensi protein, terutama pada dosis 50 mg kg⁻¹ (Mahmoud et al., 2017). Selain itu, kurkumin meningkatkan aktivitas lisozim, IgG total, IgM, dan menurunkan jumlah bakteri di air serta isi usus ikan nila, sehingga perannya tidak terbatas pada peningkatan pertumbuhan, tetapi juga mencakup

dukungan imunologis (Mahmoud et al., 2017). Studi nanopartikel kurkumin juga menunjukkan peningkatan enzim pencernaan, aktivitas antioksidan, respons imun, dan struktur absorptif usus ikan nila, dengan rekomendasi kisaran optimum sekitar 45–55 mg kg⁻¹ pakan (Abdel-Tawwab et al., 2022). Di tingkat lokal, penambahan suplemen herbal kunyit pada pelet ikan nila memengaruhi pertumbuhan, kelulushidupan, dan efisiensi pakan, dengan respons yang berbeda menurut konsentrasi perlakuan (Nurfaidah et al., 2024). Dengan demikian, kunyit dapat menjadi bahan fungsional yang memperkuat formulasi pakan berbasis protein lokal.

Penelitian yang Relevan

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa bahan pakan alternatif lokal memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi produksi ikan nila. Penggunaan tepung bekicot pada pakan ikan nila dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanpa menurunkan tingkat kelangsungan hidup dan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada tepung ikan impor. Bekicot juga telah diuji sebagai sumber protein alternatif pada ikan nila, sehingga mendukung posisinya sebagai bahan pakan lokal yang dapat dikaji lebih lanjut (Prasad & Chaudhary, 2019). Selain bekicot, bahan berbasis moluska lain seperti tepung keong mas dalam pakan flakes juga dilaporkan menurunkan nilai konversi pakan dan meningkatkan retensi protein pada benih ikan nila. Pada bahan nabati, substitusi *Azolla* sebesar 15% dalam pakan ikan nila GIFT dilaporkan meningkatkan pertumbuhan sebesar 18%, meningkatkan efisiensi pakan, dan menurunkan biaya bahan baku hingga 25%. Fermentasi *Azolla* juga dilaporkan meningkatkan kandungan protein dan pencernaan serta meningkatkan produktivitas ikan nila sekitar 22%. Studi internasional memperlihatkan bahwa *Azolla pinnata* dapat meningkatkan respons pertumbuhan dan efisiensi pakan pada tingkat inklusi tertentu, meskipun optimalisasinya tetap diperlukan (Toutou et al., 2025). Sementara itu, suplementasi kunyit 1,5–2% dan penggunaan kurkumin pada berbagai dosis telah dikaitkan dengan peningkatan pertumbuhan, efisiensi pakan, ketahanan tubuh, dan parameter kesehatan ikan nila (Mahmoud et al., 2017; Nurfaidah et al., 2024). Walaupun setiap bahan menunjukkan potensi, sebagian besar penelitian masih menguji bahan tersebut secara terpisah, sehingga belum menjawab potensi sinergi antara protein hewani, protein nabati, dan fitobiotik dalam satu formulasi.

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian ini berangkat dari tingginya biaya pakan buatan akibat ketergantungan pada tepung ikan sebagai sumber protein utama. Biaya pakan dapat mencapai sekitar 60–70% dari total biaya operasional akuakultur, sedangkan tepung ikan menjadi salah satu komponen bahan baku utama yang mahal (Macusi et al., 2023). Oleh karena itu, pemanfaatan bahan lokal yang bergizi, murah, mudah diperoleh, dan aman digunakan menjadi

pendekatan strategis dalam meningkatkan efisiensi produksi ikan nila. Tepung bekicot diposisikan sebagai sumber protein hewani utama yang dapat menyediakan protein dan asam amino esensial untuk mendukung pembentukan jaringan tubuh. *Azolla pinnata* diposisikan sebagai sumber protein nabati yang juga menyediakan karbohidrat, mineral, vitamin, asam amino, dan senyawa bioaktif (Korsa et al., 2025). Kunyit diposisikan sebagai bahan fitobiotik yang dapat mendukung kesehatan pencernaan, imunitas, dan pemanfaatan nutrisi melalui kandungan kurkumin (Mahmoud et al., 2017; Abdel-Tawwab et al., 2022). Hubungan antar komponen tersebut bersifat sinergis: tepung bekicot menyediakan protein hewani, *Azolla* melengkapi protein nabati dan menekan biaya, kunyit mendukung fungsi fisiologis, sedangkan analisis proksimat digunakan untuk menilai keseimbangan kimia pakan. Dengan demikian, formulasi pakan yang menggabungkan ketiga bahan tersebut berpotensi menghasilkan pakan alternatif yang lebih efisien, bernutrisi, dan ramah lingkungan dibandingkan formulasi yang hanya mengandalkan satu bahan pengganti.

Pengembangan Hipotesis

Pengembangan hipotesis dalam penelitian ini didasarkan pada bukti bahwa bahan pakan alternatif lokal seperti tepung bekicot, tepung keong, *Azolla*, dan kunyit mampu memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi produksi ikan nila. Studi-studi terdahulu menunjukkan kontribusi tersebut melalui peningkatan pertumbuhan, penurunan rasio konversi pakan, perbaikan pemanfaatan nutrisi, dan peningkatan respons kesehatan ikan (Prasad & Chaudhary, 2019; Mahmoud et al., 2017; Nurfaidah et al., 2024). Namun, kajian yang ada umumnya masih berfokus pada satu atau dua bahan secara terpisah. Padahal, pakan yang seimbang memerlukan integrasi kualitas protein, sumber energi, pencernaan, kandungan mineral, serta bahan fungsional yang mendukung kesehatan pencernaan (FAO, n.d.; Meurer et al., 2024). Tinjauan tentang bahan non-konvensional untuk pakan tilapia juga menunjukkan bahwa berbagai bahan dari tanaman, hewan, alga, dan campuran telah digunakan, tetapi integrasi spesifik antara tepung bekicot, *Azolla*, dan kunyit dalam satu formulasi masih menjadi celah penelitian (Zuluaga-Hernández et al., 2023). Oleh karena itu, hipotesis alternatif penelitian ini menyatakan bahwa tepung bekicot dan tepung *Azolla* dengan tambahan kunyit sebagai fitobiotik memengaruhi kandungan nutrisi pakan ikan nila. Sebaliknya, hipotesis nol menyatakan bahwa kombinasi tersebut tidak memengaruhi kandungan nutrisi pakan ikan nila. Hipotesis ini relevan diuji melalui analisis proksimat karena parameter seperti protein, kadar air, lemak, abu, serat kasar, dan karbohidrat merupakan indikator awal yang menentukan kelayakan suatu pakan sebelum diuji secara biologis pada ikan.

2. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan, yaitu dari September sampai November 2025. Seluruh kegiatan preparasi bahan dan formulasi pakan dilakukan di Laboratorium Biologi Akuakultur Universitas Muhammadiyah Gorontalo, sedangkan pengujian kimia pakan dilakukan di Balai Pengujian Penerapan Mutu dan Diversifikasi Produk Perikanan (BP2MDPP). Rancangan metodologis penelitian diarahkan untuk mengevaluasi kualitas kimia awal pakan berbasis bahan lokal melalui analisis proksimat. Analisis proksimat dipilih karena merupakan metode standar untuk menilai bahan pakan dan pakan jadi, terutama melalui pengukuran kadar air, protein kasar, serat kasar, lipid kasar, abu, dan fraksi karbohidrat atau nitrogen-free extract (FAO, n.d.). Pendekatan ini relevan karena evaluasi kimia merupakan tahap awal sebelum suatu formulasi pakan alternatif diuji lebih lanjut terhadap pertumbuhan dan efisiensi biologis ikan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi timbangan digital, blender, ayakan, mixer pakan atau wadah pengaduk, cetakan pelet manual, oven pengering, desikator, timbangan analitik, beaker glass, gelas ukur, pipet, alat Soxhlet, alat distilasi, alat Kjeldahl, furnace, dan spektrofotometer opsional. Timbangan digital dan timbangan analitik digunakan untuk memastikan ketelitian penimbangan bahan dan sampel, sedangkan blender, ayakan, serta mixer digunakan untuk menghasilkan ukuran partikel yang seragam dan campuran pakan yang homogen. Oven pengering dan desikator digunakan dalam proses pengeringan dan pengendalian kelembapan sampel, sesuai prinsip analisis kadar air yang menekankan pentingnya pengeringan dan pendinginan dalam desikator sebelum penimbangan (FAO, n.d.). Alat Kjeldahl digunakan untuk analisis protein berdasarkan kandungan nitrogen, sementara Soxhlet digunakan dalam analisis lemak, dan furnace digunakan dalam analisis abu sebagai indikator fraksi mineral pakan (FAO, n.d.).

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung bekicot (*Achatina fulica*), tepung *Azolla pinnata*, kunyit (*Curcuma longa*), tepung jagung, tepung kanji, dan air bersih. Tepung bekicot digunakan sebagai sumber protein hewani, sedangkan *Azolla pinnata* digunakan sebagai sumber protein nabati yang juga mengandung mineral, karbohidrat, senyawa bioaktif, dan asam amino (Korsa et al., 2025). Penggunaan tepung bekicot memerlukan proses pascapanen yang hati-hati karena komposisi nutrisi dapat berbeda antara bagian tubuh lunak, tubuh utuh, dan cangkang, sehingga pembersihan, perebusan, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan menjadi tahap penting sebelum bahan dimasukkan ke dalam

formulasi pakan (Pathak et al., 2025). Kunyit digunakan sebagai suplemen fitobiotik karena kurkumin telah diuji dalam pakan ikan nila pada berbagai dosis untuk menilai pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan respons imun (Mahmoud et al., 2017).

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan disusun berdasarkan variasi proporsi tepung bekicot, tepung *Azolla*, dan kunyit, sedangkan tepung jagung dan tepung kanji dipertahankan dalam proporsi tetap. Perlakuan P1 terdiri atas 55% tepung bekicot, 25% tepung *Azolla*, 5% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji. Perlakuan P2 terdiri atas 39% tepung bekicot, 39% tepung *Azolla*, 7% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji. Perlakuan P3 terdiri atas 25% tepung bekicot, 51% tepung *Azolla*, 9% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji. Penggunaan perlakuan bertingkat ini sejalan dengan prinsip evaluasi bahan alternatif dalam pakan ikan, karena nilai nutrisi bahan protein alternatif perlu dinilai melalui kandungan protein, keseimbangan nutrisi, pencernaan potensial, palatabilitas, dan biaya produksi sebelum dilakukan pengujian performa biologis (Macusi et al., 2023). Pendekatan perlakuan bertingkat juga relevan dengan penelitian suplementasi kunyit dan *Azolla* yang menggunakan variasi dosis atau level inklusi untuk menilai respons formulasi pakan (Mahmoud et al., 2017; Toutou et al., 2025).

Prosedur Penelitian

Pembuatan Tepung Bekicot dan Azolla

Pembuatan tepung bekicot dan *Azolla* diawali dengan pemilihan bahan baku berkualitas dari sumber alami. Bekicot dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan lumpur dan kotoran pada cangkang, kemudian direndam selama 12 jam untuk membantu mengeluarkan lendir dan sisa kotoran. Garam atau air kapur sirih dapat digunakan selama perendaman untuk mempercepat pengeluaran lendir. *Azolla* dicuci dalam wadah besar berisi air bersih mengalir sambil diaduk perlahan untuk menghilangkan lumpur, telur serangga, dan bahan organik lain. Pencucian diulang dua sampai tiga kali hingga air menjadi jernih. Setelah itu, bekicot dan *Azolla* direbus selama 10–15 menit untuk menurunkan risiko mikroorganisme yang menempel. Bahan yang telah direbus dikeringkan menggunakan sinar matahari hingga kadar air berada di bawah 10%, kemudian digiling sampai menjadi partikel halus dan diayak agar ukuran tepung seragam. Pengeringan dan penggilingan penting dilakukan karena *Azolla* memiliki struktur tanaman dan kadar air yang perlu distabilkan sebelum digunakan dalam pakan (Korsa et al., 2025).

Penyusunan Formulasi dan Produksi Pakan

Formulasi pakan disusun dengan mencampurkan tepung bekicot, tepung *Azolla*, kunyit, tepung jagung, dan tepung kanji sesuai komposisi setiap perlakuan. Tepung jagung digunakan sebagai sumber energi, sedangkan tepung kanji berfungsi sebagai perekat untuk membantu mempertahankan bentuk pelet. Setelah bahan dicampur hingga homogen, adonan dicetak menjadi pelet menggunakan cetakan manual. Pelet kemudian dikeringkan selama tujuh hari hingga kadar air mencapai kurang dari 10%. Pengendalian kadar air penting karena kadar air pakan memengaruhi keseimbangan ransum dan keamanan penyimpanan; kadar air di atas 8% dapat mendukung keberadaan serangga, sedangkan kadar air di atas 14% meningkatkan risiko kontaminasi jamur dan bakteri (FAO, n.d.).

Pengujian Kimia Pakan

Sampel pakan kering dianalisis untuk menentukan kandungan protein, karbohidrat, lemak, abu, kadar air, dan serat kasar. Protein dianalisis menggunakan prinsip Kjeldahl berdasarkan kandungan nitrogen total setelah destruksi, distilasi, dan titrasi, karena protein merupakan salah satu nutrisi paling penting dan mahal dalam pakan ikan (FAO, n.d.). Lemak dianalisis menggunakan metode ekstraksi, sedangkan abu dianalisis melalui pembakaran sampel pada suhu tinggi untuk memperkirakan fraksi mineral pakan. Analisis abu sangat relevan pada pakan berbasis bekicot karena bahan yang berasal dari bekicot dapat mengandung fraksi mineral tinggi jika terdapat kontribusi cangkang (FAO, n.d.; Pathak et al., 2025). Serat kasar dianalisis untuk mengevaluasi komponen struktural yang sulit dicerna, terutama karena bahan nabati seperti *Azolla* dapat meningkatkan fraksi serat dalam pakan (FAO, n.d.).

Analisis Data

Data hasil pengujian kimia disusun berdasarkan perlakuan dan ulangan, kemudian dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan analisis varians satu arah. ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah perbedaan komposisi bahan pada setiap perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein, karbohidrat, lemak, abu, kadar air, dan serat kasar. Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil untuk mengidentifikasi pasangan perlakuan yang berbeda nyata dan menentukan formulasi dengan komposisi nutrisi paling optimal. Penggunaan ANOVA dan uji lanjut LSD telah banyak digunakan dalam penelitian suplementasi pakan ikan nila, termasuk studi kunyit yang mengevaluasi pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan, kelulushidupan, dan efisiensi pakan (Nurfaidah et al., 2024). Prosedur analisis ini diringkas dalam Gambar 2.1.

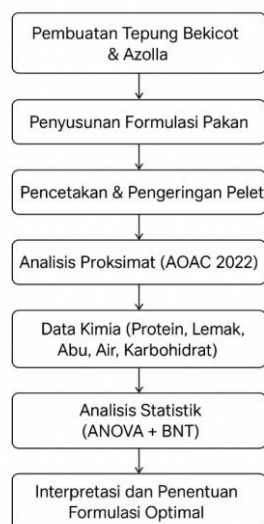
Table 1. Alat yang digunakan dalam penelitian, meliputi alat penimbangan, penggilingan, pengayakan, pencampuran, pencetakan pelet, pengeringan, dan analisis proksimat.

No.	Nama Alat	Fungsi / Kegunaan
1	Timbangan digital	Untuk menimbang bahan dengan ketelitian, biasanya digunakan saat menimbang bahan pakan sebelum proses pencampuran atau pengolahan.
2	Blender	Digunakan untuk menghancurkan atau menghaluskan bahan pakan agar ukurannya seragam sebelum proses pencampuran.
3	Ayakan (sieve)	Untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran dan mendapatkan bahan dengan tingkat kehalusan tertentu.
4	Mixer pakan / wadah pengaduk	Berfungsi mencampur bahan pakan agar homogen, sehingga setiap bagian pelet memiliki komposisi nutrisi yang sama.
5	Cetakan pelet manual	Untuk membentuk adonan pakan menjadi pelet dengan ukuran dan bentuk tertentu.
6	Oven pengering	Digunakan untuk mengeringkan pelet atau sampel bahan hingga kadar airnya sesuai standar; juga digunakan pada analisis proksimat untuk penentuan kadar air.
7	Desikator	Menyimpan sampel yang telah dikeringkan agar tidak menyerap kelembaban udara sebelum ditimbang kembali.
8	Timbangan analitik laboratorium	Menimbang sampel dengan tingkat ketelitian tinggi (hingga 0,0001 g), biasanya digunakan pada tahap analisis laboratorium.
9	beaker glass, gelas ukur pipet	Cawan porselen digunakan untuk proses pemanasan atau pembakaran sampel (misal analisis abu), sedangkan gelas piala digunakan untuk mencampur, melarutkan, atau menampung larutan.
10	Alat Soxhlet dan desikator	Soxhlet digunakan untuk ekstraksi lemak dari sampel (analisis kadar lemak), sedangkan desikator digunakan untuk mengembunkan pelarut setelah proses ekstraksi.
11	Alat Kjeldahl	Digunakan untuk analisis kadar protein berdasarkan jumlah nitrogen dalam sampel melalui proses destruksi, distilasi, dan titrasi.
12	Furnace (tanur listrik)	Berfungsi untuk pembakaran sampel pada suhu tinggi (500–600°C) dalam analisis kadar abu atau bahan mineral.
13	Spektrofotometer (<i>opsional</i>)	Mengukur intensitas penyerapan cahaya oleh suatu larutan, biasanya digunakan untuk analisis kandungan kimia spesifik (misalnya fosfat atau logam).

Table 2. Bahan yang digunakan selama penelitian, meliputi tepung bekicot, tepung *Azolla pinnata*, kunyit, tepung jagung, tepung kanji, dan air bersih.

No.	Nama Bahan	Fungsi / Kegunaan
1	Tepung bekicot (<i>Achatina fulica</i>)	Sumber protein hewani yang tinggi, mengandung asam amino esensial penting untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh hewan ternak.
2	Tepung <i>Azolla pinnata</i>	Sumber protein nabati alami, mengandung karotenoid, klorofil, dan antioksidan alami; juga membantu menurunkan biaya pakan karena bahan lokal yang murah.
3	Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	Berfungsi sebagai fitobiotik alami (antibakteri dan antioksidan), meningkatkan nafsu makan dan memperbaiki sistem pencernaan hewan.

4	Tepung jagung	Sumber karbohidrat utama yang berfungsi sebagai energi dalam pakan; juga memberi warna alami pada daging atau kuning telur.
5	Tepung kanji	Berperan sebagai binder (perekat) pada adonan pakan sehingga pelet tidak mudah hancur saat proses pencetakan atau saat di air.
7	Air bersih	Diperlukan untuk membasahi dan mencampur bahan saat proses pembuatan adonan pelet agar homogen dan mudah dicetak.



Gambar 2. Diagram alir uji Beda Nyata Terkecil yang digunakan untuk menginterpretasikan hasil formulasi dan analisis kimia pakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan formulasi pakan berbasis tepung bekicot (*Achatina fulica*) dan tepung *Azolla* dengan suplementasi kunyit (*Curcuma longa*) memengaruhi komposisi proksimat pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Parameter yang dianalisis meliputi kadar protein, kadar air, kadar lemak, kadar abu, kadar serat kasar, dan kadar karbohidrat. Seluruh parameter dianalisis menggunakan ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kualitas kimia pakan, kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Pendekatan ini sesuai dengan fungsi analisis proksimat sebagai kerangka dasar untuk membandingkan pakan jadi karena metode tersebut mengukur kadar air, protein, serat, lipid, abu, dan fraksi karbohidrat yang membentuk profil kimia pakan (FAO, n.d.).

Secara umum, formulasi P3 menunjukkan profil nutrisi paling baik dibandingkan P1 dan P2. Perlakuan P3 menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 43,87%, kadar lemak tertinggi sebesar 3,68%, kadar serat kasar tertinggi sebesar 3,11%, dan kadar karbohidrat tertinggi sebesar 7,28%. Pada saat yang sama, P3 menghasilkan kadar abu terendah sebesar 28,46%.

Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi *Azolla* dan kunyit, disertai penurunan proporsi tepung bekicot, mengubah keseimbangan kimia pakan secara nyata. Hasil ini relevan dengan pandangan bahwa bahan protein alternatif perlu dievaluasi melalui kandungan nutrisi, keseimbangan bahan, potensi pencernaan, palatabilitas, dan biaya produksi sebelum diuji lebih lanjut melalui pertumbuhan ikan (Macusi et al., 2023). Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan bukti kimia awal bahwa kombinasi protein hewani lokal, protein nabati, dan fitobiotik dapat menghasilkan pakan alternatif dengan kualitas nutrisi yang menjanjikan.

Table 3. Komposisi proksimat pakan ikan nila berdasarkan perlakuan.

Parameter (%)	P1	P2	P3
Protein	38.58	41.08	43.87
Kadar air	1.11	1.29	1.30
Lemak	2.47	3.50	3.68
Abu	54.50	44.16	28.46
Serat kasar	1.81	2.16	3.11
Karbohidrat	5.25	6.48	7.28

Kadar Protein

Kadar protein pakan meningkat secara konsisten dari P1 sampai P3. Perlakuan P1 menghasilkan rata-rata protein sebesar 38,58%, P2 meningkat menjadi 41,08%, dan P3 menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 43,87%. Nilai ulangan pada P1 adalah 37,88%, 39,29%, dan 38,58%; pada P2 adalah 41,13%, 41,02%, dan 41,08%; sedangkan pada P3 adalah 43,57%, 44,18%, dan 43,87%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar protein pakan, dengan nilai F-hitung 623,48 yang jauh lebih tinggi dibandingkan F-tabel 0,05 sebesar 5,14. Uji lanjut BNT menunjukkan bahwa P3, P2, dan P1 berbeda nyata, sehingga peningkatan kadar protein pada setiap perlakuan dapat dianggap sebagai respons yang konsisten terhadap perubahan formulasi.

Table 4. Hasil analisis kadar protein dan ANOVA.

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata
P1	37.88	39.29	38.58	38.58
P2	41.13	41.02	41.08	41.08
P3	43.57	44.18	43.87	43.87

Sumber	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 0.05	Keputusan
Perlakuan	2	41.457	20.729	623.48	5.14	Sangat nyata
Galat	6	0.199	0.033			
Total	8	41.656				

Peningkatan kadar protein dari P1 ke P3 menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan pakan berpengaruh terhadap nilai protein akhir pakan. Secara biologis, protein merupakan nutrisi utama yang menentukan produktivitas ikan nila, dan variasi kadar protein pakan dapat memengaruhi rantai produksi mulai dari pertumbuhan hingga efisiensi pemanfaatan pakan (Meurer et al., 2024). Hasil P3 sebesar 43,87% menunjukkan bahwa formulasi tersebut memiliki potensi nutrisi tinggi, meskipun kecocokannya tetap perlu disesuaikan dengan fase pertumbuhan dan sistem budidaya ikan nila karena kebutuhan protein ikan nila berubah menurut ukuran ikan, lingkungan budidaya, dan manajemen pakan (Meurer et al., 2024).

Kenaikan protein pada P3 dapat dipahami sebagai hasil kombinasi antara tepung bekicot dan *Azolla*. Tepung bekicot berperan sebagai sumber protein hewani lokal, sementara *Azolla* menyumbang protein nabati, karbohidrat, mineral, dan senyawa bioaktif. Kajian terhadap *Achatina fulica* menunjukkan bahwa bagian tubuh lunaknya mengandung lebih dari 50% protein kasar berdasarkan bahan kering, sehingga bahan ini relevan sebagai kontributor protein dalam pakan (Pathak et al., 2025). Sementara itu, *Azolla pinnata* dilaporkan mengandung 25–30% protein dan dapat berkontribusi terhadap beberapa fraksi proksimat sekaligus, termasuk protein, mineral, serat, dan karbohidrat (Korsa et al., 2025). Kombinasi kedua bahan tersebut menunjukkan bahwa bahan lokal dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas protein pakan, sejalan dengan pandangan bahwa sumber protein hewani alternatif dapat menggantikan tepung ikan apabila mampu mempertahankan kualitas protein, palatabilitas, dan potensi dukungan pertumbuhan (Macusi et al., 2023).

Kadar Air

Kadar air pakan pada seluruh perlakuan berada pada kisaran sangat rendah, yaitu 1,11–1,30%. Perlakuan P1 memiliki rata-rata kadar air 1,11%, P2 sebesar 1,29%, dan P3 sebesar 1,30%. Nilai ulangan P1 adalah 1,09%, 1,12%, dan 1,11%; P2 adalah 1,29%, 1,29%, dan 1,29%; sedangkan P3 adalah 1,29%, 1,30%, dan 1,30%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air, dengan F-hitung 145,67 yang lebih

besar dari F-tabel 0,05 sebesar 5,14. Uji BNT menunjukkan bahwa P2 dan P3 tidak berbeda nyata, tetapi keduanya berbeda nyata dengan P1.

Table 5. Hasil analisis kadar air dan ANOVA.

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata
P1	1.09	1.12	1.11	1.11
P2	1.29	1.29	1.29	1.29
P3	1.29	1.30	1.30	1.30

Sumber	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 0.05	Keputusan
Perlakuan	2	0.073	0.036	145.67	5.14	Sangat nyata
Galat	6	0.002	0.0003			
Total	8	0.075				

Walaupun secara statistik terdapat pengaruh nyata, secara praktis seluruh nilai kadar air menunjukkan kualitas penyimpanan yang baik. FAO (n.d.) menjelaskan bahwa kadar air pakan perlu dikendalikan karena kadar air di atas 8% dapat mendukung keberadaan serangga, sedangkan kadar air di atas 14% meningkatkan risiko kontaminasi jamur dan bakteri. Dengan nilai kadar air hanya 1,11–1,30%, pakan dalam penelitian ini dapat ditafsirkan memiliki stabilitas penyimpanan yang sangat baik dan risiko kerusakan mikrobiologis yang rendah. Hal ini penting karena pakan yang stabil selama penyimpanan akan lebih mampu mempertahankan kandungan nutrisi sebelum dikonsumsi oleh ikan.

Peningkatan kecil kadar air pada P2 dan P3 kemungkinan berkaitan dengan meningkatnya proporsi *Azolla*, yang sebagai bahan nabati memiliki kemampuan menyerap dan mempertahankan air lebih besar dibandingkan bahan hewani. Namun, peningkatan tersebut tetap berada jauh di bawah batas risiko penyimpanan. Oleh karena itu, dari sudut pandang kualitas fisik dan keamanan pakan, seluruh perlakuan dapat dianggap memenuhi karakteristik awal pakan kering. Kadar air yang rendah juga mendukung stabilitas pelet di lingkungan budidaya karena mengurangi kemungkinan pakan cepat rusak sebelum dikonsumsi.

Kadar Lemak

Kadar lemak meningkat dari P1 ke P3. Perlakuan P1 menghasilkan kadar lemak rata-rata 2,47%, P2 sebesar 3,50%, dan P3 sebesar 3,68%. Nilai ulangan P1 adalah 2,29%, 2,64%, dan 2,47%; P2 adalah 3,11%, 3,89%, dan 3,50%; sedangkan P3 adalah 3,66%, 3,70%, dan 3,68%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar lemak, dengan F-hitung 62,13 lebih besar daripada F-tabel 0,05 sebesar 5,14. Uji BNT

menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata, dengan P3 sebagai perlakuan dengan kadar lemak tertinggi.

Table 6. Hasil analisis kadar lemak dan ANOVA.

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata
P1	2.29	2.64	2.47	2.47
P2	3.11	3.89	3.50	3.50
P3	3.66	3.70	3.68	3.68

Sumber	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 0.05	Keputusan
Perlakuan	2	1.863	0.932	62.13	5.14	Sangat nyata
Galat	6	0.090	0.015			
Total	8	1.953				

Kadar lemak dalam pakan memiliki fungsi penting sebagai sumber energi dan dapat membantu menghemat pemanfaatan protein sebagai sumber energi. Dalam konteks formulasi pakan ikan nila, peningkatan kadar lemak yang masih moderat dapat mendukung keseimbangan energi pakan. Mahmoud et al. (2017) melaporkan bahwa suplementasi kurkumin dapat meningkatkan pemanfaatan pakan dan bahkan meningkatkan protein serta lipid tubuh ikan nila pada dosis tertentu. Oleh karena itu, keberadaan kunyit dalam formulasi berpotensi mendukung pemanfaatan nutrisi apabila pakan memiliki kandungan protein dan energi yang cukup. Walaupun penelitian ini tidak menguji respons biologis ikan secara langsung, peningkatan kadar lemak pada P3 dapat dilihat sebagai indikator bahwa formulasi tersebut memiliki cadangan energi non-protein yang lebih baik dibandingkan P1 dan P2.

Peningkatan lemak juga dapat dikaitkan dengan kontribusi bahan penyusun pakan, termasuk *Azolla* dan kunyit. Korsá et al. (2025) menunjukkan bahwa *Azolla pinnata* tidak hanya mengandung protein, tetapi juga karbohidrat, mineral, asam amino, dan senyawa bioaktif yang dapat memengaruhi beberapa fraksi proksimat. Dengan demikian, perubahan proporsi *Azolla* dalam formulasi tidak hanya memengaruhi protein, tetapi juga dapat menggeser kandungan energi pakan melalui lemak dan karbohidrat. P3 yang memiliki kadar lemak tertinggi tetap berada pada nilai yang tidak berlebihan, sehingga dapat dianggap berpotensi mendukung metabolisme energi tanpa meningkatkan risiko penurunan kualitas air akibat kelebihan lipid.

Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan pola yang berbeda dari parameter lain karena menurun tajam dari P1 ke P3. Perlakuan P1 menghasilkan kadar abu tertinggi sebesar 54,50%, P2 sebesar 44,16%, dan P3 menghasilkan kadar abu terendah sebesar 28,46%. Nilai ulangan P1 adalah 53,94%, 55,05%, dan 54,50%; P2 adalah 44,32%, 44,01%, dan 44,16%; sedangkan P3 adalah 28,84%, 28,08%, dan 28,46%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu, dengan F-hitung 1823,71 yang jauh lebih besar daripada F-tabel 0,05 sebesar 5,14. Uji BNT menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata.

Table 7. Hasil analisis kadar abu dan ANOVA.

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata
P1	53.94	55.05	54.50	54.50
P2	44.32	44.01	44.16	44.16
P3	28.84	28.08	28.46	28.46

Sumber	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 0.05	Keputusan
Perlakuan	2	1047.64	523.82	1823.71	5.14	Sangat nyata
Galat	6	1.724	0.287			
Total	8	1049.36				

Penurunan kadar abu merupakan salah satu temuan paling penting dalam penelitian ini. Abu mencerminkan fraksi mineral anorganik dalam pakan, dan nilainya dapat meningkat apabila bahan yang digunakan mengandung mineral tinggi. FAO (n.d.) menegaskan bahwa analisis abu merupakan komponen penting dalam analisis proksimat karena memperkirakan fraksi mineral pada bahan pakan dan pakan jadi. Dalam formulasi berbasis bekicot, kadar abu menjadi sangat relevan karena bagian cangkang atau mineral dari bekicot dapat meningkatkan kadar mineral pakan. Pathak et al. (2025) menunjukkan bahwa komposisi nutrisi *Achatina fulica* berbeda antara daging lunak, tubuh utuh, dan cangkang; bagian tubuh lunak mengandung lebih dari 50% protein kasar, sedangkan cangkang hanya sekitar 2% protein dan lebih banyak berkontribusi pada mineral. Dengan demikian, tingginya kadar abu pada P1 kemungkinan berkaitan dengan proporsi tepung bekicot yang lebih tinggi.

Kadar abu yang terlalu tinggi dapat menjadi indikasi bahwa mineral dalam pakan terlalu dominan dibandingkan komponen organik yang lebih mudah dimanfaatkan. Walaupun mineral diperlukan untuk pembentukan tulang, osmoregulasi, dan aktivitas enzim, fraksi mineral yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan pencernaan pakan dan meningkatkan limbah anorganik di lingkungan budidaya. Penurunan kadar abu pada P3 menunjukkan bahwa komposisi pakan

menjadi lebih seimbang ketika proporsi tepung bekicot diturunkan dan proporsi *Azolla* ditingkatkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa pengaturan bahan dapat menurunkan beban mineral dan memperbaiki kualitas pakan ketika kadar abu yang tinggi berpotensi membatasi pencernaan atau meningkatkan limbah (FAO, n.d.).

Kadar Serat Kasar

Kadar serat kasar meningkat dari P1 ke P3. Perlakuan P1 menghasilkan rata-rata serat kasar 1,81%, P2 sebesar 2,16%, dan P3 sebesar 3,11%. Nilai ulangan P1 adalah 1,86%, 1,75%, dan 1,81%; P2 adalah 2,05%, 2,27%, dan 2,16%; sedangkan P3 adalah 2,60%, 3,63%, dan 3,11%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar serat kasar, dengan F-hitung 29,67 yang lebih besar daripada F-tabel 0,05 sebesar 5,14. Uji BNT menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata, dengan P3 menghasilkan kadar serat kasar tertinggi.

Table 8. Hasil analisis serat kasar dan ANOVA.

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata
P1	1.86	1.75	1.81	1.81
P2	2.05	2.27	2.16	2.16
P3	2.60	3.63	3.11	3.11

Sumber	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 0.05	Keputusan
Perlakuan	2	2.137	1.068	29.67	5.14	Sangat nyata
Galat	6	0.216	0.036			
Total	8	2.353				

Peningkatan serat kasar pada P3 terutama dapat dikaitkan dengan meningkatnya proporsi *Azolla*. Sebagai bahan nabati, *Azolla* berpotensi memberikan kontribusi serat yang lebih tinggi daripada tepung bekicot. FAO (n.d.) menyatakan bahwa analisis serat kasar penting karena menggambarkan komponen struktural yang sulit dicerna dalam bahan pakan. Dalam formulasi pakan ikan, kadar serat perlu diperhatikan karena serat berlebih dapat menurunkan pencernaan dan ketersediaan nutrisi, terutama pada sistem pakan intensif. Literatur tentang substitusi fishmeal juga menegaskan bahwa protein nabati dapat mengurangi ketergantungan terhadap tepung ikan, tetapi sering dibatasi oleh kandungan serat, faktor antinutrisi, ketidakseimbangan asam amino, atau bioavailabilitas yang lebih rendah (Hussain et al., 2024).

Walaupun P3 menghasilkan serat kasar tertinggi, nilainya masih berada pada kisaran moderat sehingga dapat dipandang sebagai bagian dari kontribusi bahan nabati, bukan sebagai

indikator negatif mutlak. Serat pada kadar tertentu dapat membantu pergerakan saluran pencernaan, tetapi kadar yang terlalu tinggi perlu dihindari karena ikan nila memiliki kemampuan terbatas dalam mencerna serat berlebih. Macusi et al. (2023) juga mengingatkan bahwa protein nabati memiliki potensi besar, tetapi perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena dapat membawa keterbatasan pencernaan dan ketidakseimbangan asam amino. Oleh karena itu, P3 menunjukkan potensi yang baik, tetapi formulasi ini tetap perlu diuji lebih lanjut terhadap pencernaan, pertumbuhan, dan rasio konversi pakan.

Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat meningkat dari P1 ke P3. Perlakuan P1 menghasilkan rata-rata karbohidrat 5,25%, P2 sebesar 6,48%, dan P3 sebesar 7,28%. Nilai ulangan P1 adalah 5,30%, 5,20%, dan 5,25%; P2 adalah 6,40%, 6,55%, dan 6,48%; sedangkan P3 adalah 7,30%, 7,25%, dan 7,28%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar karbohidrat, dengan F-hitung 921,60 yang lebih besar daripada F-tabel 0,05 sebesar 5,14. Uji BNT menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata, dengan P3 menghasilkan kadar karbohidrat tertinggi.

Table 9. Hasil analisis karbohidrat dan ANOVA.

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata
P1	5.30	5.20	5.25	5.25
P2	6.40	6.55	6.48	6.48
P3	7.30	7.25	7.28	7.28

Sumber	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 0.05	Keputusan
Perlakuan	2	6.143	3.072	921.60	5.14	Sangat nyata
Galat	6	0.020	0.003			
Total	8	6.163				

Peningkatan karbohidrat pada P3 dapat dijelaskan oleh meningkatnya kontribusi bahan nabati, terutama *Azolla*, serta penggunaan tepung jagung yang tetap pada semua perlakuan. *Azolla pinnata* dilaporkan mengandung 7–10% karbohidrat, sehingga peningkatan proporsi *Azolla* dalam formulasi dapat berkontribusi terhadap peningkatan fraksi karbohidrat pakan (Korsa et al., 2025). Dalam formulasi pakan, karbohidrat merupakan sumber energi yang relatif murah dan dapat mengurangi penggunaan protein sebagai energi. Hal ini penting karena protein

sebaiknya diarahkan terutama untuk pertumbuhan dan pembentukan jaringan, bukan untuk memenuhi kebutuhan energi dasar.

Kombinasi kadar protein tinggi, lemak moderat, dan karbohidrat lebih tinggi pada P3 menunjukkan keseimbangan energi yang lebih baik dibandingkan perlakuan lain. Toutou et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan *Azolla* pada tingkat moderat dapat meningkatkan rasio konversi pakan dan rasio efisiensi protein pada ikan, yang mengindikasikan bahwa *Azolla* dapat berkontribusi terhadap efisiensi pemanfaatan pakan jika digunakan pada kadar yang sesuai. Walaupun penelitian ini belum menguji pertumbuhan ikan secara langsung, peningkatan karbohidrat bersama protein dan lemak pada P3 memperlihatkan bahwa formulasi tersebut memiliki dasar kimia yang mendukung pengembangan pakan alternatif.

Ringkasan Perlakuan Terbaik

Secara keseluruhan, P3 merupakan formulasi terbaik berdasarkan hasil analisis proksimat. Perlakuan ini terdiri atas 25% tepung bekicot, 51% tepung *Azolla*, 9% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji. P3 menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 43,87%, lemak tertinggi sebesar 3,68%, serat kasar tertinggi sebesar 3,11%, dan karbohidrat tertinggi sebesar 7,28%, sekaligus menghasilkan kadar abu terendah sebesar 28,46%. Seluruh parameter proksimat menunjukkan pengaruh perlakuan yang sangat nyata karena nilai F-hitung masing-masing parameter lebih besar daripada F-tabel 5,14 pada taraf signifikansi 0,05.

Keunggulan P3 dapat dipahami sebagai hasil keseimbangan antara penurunan fraksi mineral dari tepung bekicot dan peningkatan kontribusi protein serta energi dari *Azolla* dan kunyit. Penggunaan bahan lokal seperti tepung bekicot, *Azolla*, dan kunyit juga sejalan dengan tekanan global untuk mengembangkan komponen pakan non-fishmeal karena tingginya biaya dan keterbatasan tepung ikan (Macusi et al., 2023). Tinjauan sistematis mengenai bahan non-konvensional untuk pakan tilapia menunjukkan bahwa bahan dari tanaman, hewan, alga, fungi, dan campuran telah banyak dievaluasi, dan sebagian besar memiliki potensi positif (Zuluaga-Hernández et al., 2023). Dengan demikian, formulasi penelitian ini berkontribusi pada arah pengembangan pakan non-konvensional dengan mengintegrasikan bahan hewani lokal, tanaman air, dan fitobiotik herbal.

Namun, interpretasi P3 sebagai formulasi terbaik perlu dibatasi pada kualitas kimia pakan. FAO (n.d.) menegaskan bahwa analisis proksimat hanya mengukur fraksi kimia, bukan secara langsung menentukan nilai biologis pakan seperti pencernaan, palatabilitas, pertumbuhan, atau efisiensi konversi pakan. Oleh karena itu, walaupun P3 menunjukkan profil proksimat paling menjanjikan, formulasi ini masih perlu diuji secara biologis pada ikan nila melalui parameter pertumbuhan, rasio konversi pakan, kelulushidupan, dan kualitas air. Meurer

et al. (2024) juga menegaskan bahwa formulasi pakan ikan nila perlu mempertimbangkan kualitas bahan, kualitas air, kepadatan tebar, sistem produksi, strain, dan fase pertumbuhan. Dengan demikian, hasil penelitian ini sebaiknya ditempatkan sebagai dasar awal untuk pengembangan pakan alternatif, bukan sebagai bukti final performa budidaya.

Interpretasi Terpadu dan Implikasi Praktis

Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi tepung bekicot, tepung *Azolla*, dan kunyit mampu menghasilkan perubahan nyata pada seluruh parameter proksimat pakan. Pola peningkatan protein, lemak, serat kasar, dan karbohidrat, disertai penurunan kadar abu, menunjukkan bahwa perubahan proporsi bahan mengubah keseimbangan kimia pakan secara substansial. Macusi et al. (2023) menyatakan bahwa protein alternatif menjadi layak apabila dapat menekan biaya pakan tanpa mengurangi potensi pertumbuhan. Data proksimat penelitian ini mendukung tahap awal evaluasi tersebut karena P3 mampu meningkatkan protein, lipid, dan karbohidrat sekaligus menurunkan abu.

Peran kunyit sebagai fitobiotik juga memperkaya interpretasi formulasi. Mahmoud et al. (2017) menunjukkan bahwa kurkumin dapat meningkatkan pertumbuhan, pemanfaatan pakan, respons imun, status antioksidan, dan ketahanan penyakit pada ikan nila. Kurkumin juga dilaporkan menurunkan jumlah bakteri total, coliform, *Escherichia coli*, dan *Aeromonas* dalam air dan isi usus ikan nila, sehingga dapat mendukung kesehatan saluran pencernaan dan mengurangi tekanan mikroba (Mahmoud et al., 2017). Studi nanopartikel kurkumin memperkuat mekanisme tersebut dengan menunjukkan peningkatan dimensi vili usus dan luas area absorpsi, dengan kisaran optimum sekitar 45–55 mg kg⁻¹ pakan (Abdel-Tawwab et al., 2022). Sementara itu, Nurfaidah et al. (2024) menunjukkan bahwa suplementasi kunyit meningkatkan pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila pada konsentrasi tertentu, tetapi respons terbaik tidak selalu terjadi pada dosis tertinggi. Oleh karena itu, kunyit dalam formulasi pakan perlu dioptimalkan, bukan sekadar ditingkatkan tanpa batas.

Dari perspektif keberlanjutan, penggunaan tepung bekicot dan *Azolla* dapat mendukung pengembangan pakan berbasis sumber daya lokal. Tepung bekicot memberikan protein hewani, sedangkan *Azolla* memberikan protein nabati, mineral, karbohidrat, asam amino, dan senyawa bioaktif. Akan tetapi, karakteristik kedua bahan perlu dikendalikan secara cermat. Pada tepung bekicot, kontribusi cangkang dapat meningkatkan kadar abu, sehingga pemilahan bahan dan proses pengolahan menjadi penting (Pathak et al., 2025). Pada *Azolla*, kandungan serat dan potensi keterbatasan pencernaan harus diperhatikan agar peningkatan bahan nabati tidak menurunkan pemanfaatan nutrisi (Hussain et al., 2024). Dengan memperhatikan aspek

tersebut, formulasi P3 dapat dipandang sebagai formulasi yang menjanjikan secara kimia, tetapi masih membutuhkan validasi lanjutan melalui uji pencernaan dan performa pertumbuhan.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa bahan pakan lokal dapat menjadi dasar pengembangan pakan ikan nila yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Pakan dengan kadar air sangat rendah memiliki peluang penyimpanan yang baik dan risiko kerusakan mikroba yang rendah, sedangkan kadar protein tinggi mendukung potensi pemenuhan kebutuhan nutrisi ikan. Penurunan kadar abu pada P3 juga menunjukkan bahwa formulasi dapat dibuat lebih seimbang secara mineral. Namun, adopsi protein alternatif tidak hanya ditentukan oleh kualitas nutrisi, tetapi juga oleh dukungan produksi, ketersediaan bahan, biaya pengolahan, dan keberlanjutan sistem pasok (Macusi et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan tepung bekicot, *Azolla*, dan kunyit sebagai bahan pakan perlu diarahkan pada standar produksi yang konsisten, pengolahan higienis, dan pengujian biologis yang lebih lengkap.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi pakan berbasis tepung bekicot, tepung *Azolla*, dan kunyit sebagai suplementasi fitobiotik berpengaruh sangat nyata terhadap seluruh parameter proksimat pakan ikan nila. Perlakuan P3, yang terdiri atas 25% tepung bekicot, 51% tepung *Azolla*, 9% kunyit, 10% tepung jagung, dan 5% tepung kanji, menghasilkan profil nutrisi paling baik dibandingkan perlakuan lainnya. Formulasi ini menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 43,87%, lemak 3,68%, serat kasar 3,11%, dan karbohidrat 7,28%, sekaligus menurunkan kadar abu hingga 28,46%. Kadar air yang rendah pada seluruh perlakuan, yaitu 1,11–1,30%, menunjukkan bahwa pakan memiliki potensi daya simpan yang baik dan risiko kerusakan mikrobiologis yang rendah. Secara ilmiah, temuan ini memperkuat bukti bahwa kombinasi protein hewani lokal, protein nabati, dan fitobiotik dapat memperbaiki kualitas kimia pakan ikan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pakan alternatif ikan nila yang lebih ekonomis, bernutrisi, dan berbasis sumber daya lokal. Namun, hasil ini masih terbatas pada evaluasi proksimat, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji pencernaan pakan, pertumbuhan ikan, rasio konversi pakan, tingkat kelangsungan hidup, stabilitas pakan dalam air, dan pengaruh formulasi terhadap kualitas lingkungan budidaya.

DAFTAR REFERENSI

- Abdel-Tawwab, M., Eissa, E.-S. H., Tawfik, W. A., Abd Elnabi, H. E., Saadony, S., Bazina, W. K., & Ahmed, R. A. (2022). Dietary curcumin nanoparticles promoted the performance, antioxidant activity and humoral immunity, and modulated the hepatic and intestinal histology of Nile tilapia fingerlings. *Fish Physiology and Biochemistry*, 48, 585–601. <https://doi.org/10.1007/s10695-022-01066-4>
- Boyd, C. E. (2004). *Farm-level issues in aquaculture certification: Tilapia*. World Wildlife Fund–United States. <https://extension.rwfm.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/8/2013/09/Farm-Level-Issues-in-Aquaculture-Certification-Tilapia.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Nutrition of fish and crustaceans: A laboratory manual—3. Proximate analyses*. FAO. <https://www.fao.org/4/ab479e/AB479E03.htm>
- Gule, T. T., & Geremew, A. (2022). Dietary strategies for better utilization of aquafeeds in tilapia farming. *Aquaculture Nutrition*, 2022, Article 9463307. <https://doi.org/10.1155/2022/9463307>
- Hagag, O. Y. A.-E., El-Rayes, M. A.-H., El-Hawy, A. S., Nabil, Z. I., & El-Shenawy, N. S. (2025). Azolla pinnata for livestock: A sustainable protein with economic promise. *Tropical Animal Health and Production*, 57, Article 457. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04674-3>
- Handayani, D. I., Yaku, A., Bodang, Y., Tanati, A. E., & Sutiharni. (2019). Preferensi bekicot *Achatina fulica* Bowitch. (Pulmonata: Achatinadea) terhadap beberapa jenis tanaman sebagai pakan di daerah Manokwari. *Agrotek*, 7(2), 43–49. <https://doi.org/10.46549/agrotek.v7i2.284>
- Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., Sarker, P. K., Hussain, M., Arsalan, M. Z.-U.-H., Yong, J. W. H., & Naeem, A. (2024). Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*, 10(4), Article e26573. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573>
- Macusi, E. D., Cayacay, M. A., Borazon, E. Q., Sales, A. C., Habib, A., Fadli, N., & Santos, M. D. (2023). Protein fishmeal replacement in aquaculture: A systematic review and implications on growth and adoption viability. *Sustainability*, 15(16), Article 12500. <https://doi.org/10.3390/su151612500>
- Mahmoud, H. K., Al-Sagheer, A. A., Reda, F. M., Mahgoub, S. A., & Ayyat, M. S. (2017). Dietary curcumin supplement influence on growth, immunity, antioxidant status, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 475, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.043>
- Meurer, F., Novodvorski, J., & Bombardelli, R. A. (2024). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.004>
- Mushocheh, A., Febriyanti, T. L., & Qulubi, M. H. (2023). Pemanfaatan tepung azolla pada pakan untuk meningkatkan pertumbuhan benih nila GIFT (*Oreochromis* sp.). *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 5(2), 213–222. <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/lemuru/article/download/2501/1847/>

- Nurfaidah, A., Hadijah, H., & Indrawati, E. (2024). Efektifitas penambahan suplemen herbal kunyit *Curcuma longa* Linn pada pelet terhadap pertumbuhan, kelulushidupan, dan efisiensi pakan ikan nila *Oreochromis niloticus*. *Journal of Aquaculture and Environment*, 6(2), 80–83. <https://doi.org/10.35965/jae.v6i2.3065>
- Pathak, C. R., Luitel, H., Pakhrin, W. T., Syahrulawal, L., Sadaula, G. P., Bhandari, D. R., Koirala, S., & Khanal, P. (2025). Nutritional potential of the giant African land snail (*Achatina fulica*) as a sustainable protein source for food and feed. *Journal of Agriculture and Food Research*, 23, Article 102179. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102179>
- Prasad, A., & Chaudhary, K. (2019). Alternative dietary protein source for Nile tilapia: Giant African snail (*Achatina fulica*, Ferussac, 1821). *Our Nature*, 17(1), 14–18. <https://doi.org/10.3126/on.v17i1.33987>
- Prasetyo, D., Zubaidah, A., Putra, R. D. C., Anne, O., & Ariansyah, F. (2024). Growth performance of tilapia fed commercial feed with cellulolytic bacteria from ruminants. *BIO Web of Conferences*, 104, Article 00009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410400009>
- Sari, I. P., Yulisman, Y., & Muslim, M. (2017). Laju pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara dalam kolam terpal yang dipuasakan secara periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 5(1), 45–55. <https://doi.org/10.36706/jari.v5i1.5807>
- Supriyadi, S., Thaib, A., Nurhayati, N., & Handayani, L. (2023). Potensi limbah perikanan sebagai alternatif sumber kalsium alami: Sebuah kajian. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 10(2), 163–171. <https://doi.org/10.29103/aa.v10i2.9755>
- Tahang, H., Budi, S., & Mulyani, S. (2024). Analisa substitusi pakan *Azolla microphylla* terfermentasi terhadap proksimat dan pertumbuhan benih ikan nila. *Journal of Aquaculture and Environment*, 7(1), 40–43. <https://doi.org/10.35965/jae.v7i1.5256>
- Toutou, M. M., Elkelish, A., Dossouvi, K. M., & Hassan, Y. M. (2025). Dietary *Azolla* meal enhances growth, immune status, and liver health in thin-lip grey mullet (*Liza ramada*) fingerlings: A sustainable approach to aquafeed optimization. *Scientific Reports*, 15, Article 42200. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-26124-8>
- Zuluaga-Hernández, C. D., Hincapié-Llanos, C. A., & Osorio, M. (2023). Non-conventional ingredients for tilapia (*Oreochromis* spp.) feed: A systematic review. *Fishes*, 8(11), Article 556. <https://doi.org/10.3390/fishes8110556>