



Komposisi Kimia Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Berbasis Tepung Bulu Ayam dan Tepung Daun Kelor dengan Penambahan Kunyit sebagai Fitobiotik

Andi Pernanda¹, Tusaban^{2*}, Dewi Shinta Achmad³, Nur Jihan Fareranty Piu⁴

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

*Penulis Korespondensi: tusaban@umgo.ac.id

Abstract. *The use of local raw materials in Nile tilapia feed formulation needs to be developed to reduce dependence on increasingly expensive conventional feed ingredients. This study aimed to analyze the effect of different formulations of chicken feather meal and moringa leaf meal with turmeric addition as a phytobiotic on the chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feed. The study used a completely randomized design with three treatments and three replications. P1 consisted of 55% chicken feather meal, 25% moringa leaf meal, 5% turmeric, 10% corn flour, and 5% starch; P2 consisted of 40% chicken feather meal, 40% moringa leaf meal, 5% turmeric, 10% corn flour, and 5% starch; and P3 consisted of 25% chicken feather meal, 55% moringa leaf meal, 5% turmeric, 10% corn flour, and 5% starch. The parameters analyzed were crude protein, moisture, ash, crude lipid, crude fiber, and carbohydrate. Data were analyzed using analysis of variance followed by the least significant difference test when significant differences occurred. The results showed that P3 produced the highest protein content (22.60%), ash content (6.65%), crude fiber (6.55%), and carbohydrate (8.45%), whereas P2 produced the highest lipid content (6.54%). Based on chemical analysis, P3 was the most prominent formulation for most proximate parameters. However, this formulation cannot be directly concluded as the best feed for fish growth because digestibility, palatability, feed conversion ratio, growth, survival, and health responses were not evaluated. Further biological testing is therefore required to confirm its feasibility for Nile tilapia culture.*

Keywords: *Chemical Feed Composition; Chicken Feather Meal; Moringa Leaf Meal; Nile Tilapia; Phytobiotic.*

Abstrak. Pemanfaatan bahan baku lokal dalam formulasi pakan ikan nila perlu dikembangkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan pakan konvensional yang harganya semakin meningkat. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perbedaan formulasi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor dengan penambahan kunyit sebagai fitobiotik terhadap komposisi kimia pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan P1 terdiri atas tepung bulu ayam 55%, tepung daun kelor 25%, kunyit 5%, tepung jagung 10%, dan tepung kanji 5%; P2 terdiri atas tepung bulu ayam 40%, tepung daun kelor 40%, kunyit 5%, tepung jagung 10%, dan tepung kanji 5%; sedangkan P3 terdiri atas tepung bulu ayam 25%, tepung daun kelor 55%, kunyit 5%, tepung jagung 10%, dan tepung kanji 5%. Parameter yang dianalisis meliputi kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, serat kasar, dan karbohidrat. Data dianalisis menggunakan Analysis of Variance dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan formulasi berpengaruh terhadap komposisi kimia pakan. Perlakuan P3 menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 22,60%, kadar abu 6,65%, serat kasar 6,55%, dan karbohidrat 8,45%, sedangkan P2 menghasilkan kadar lemak tertinggi sebesar 6,54%. Berdasarkan hasil analisis kimia, P3 merupakan formulasi paling menonjol pada sebagian besar parameter proksimat. Namun, formulasi tersebut belum dapat langsung disimpulkan sebagai pakan terbaik untuk pertumbuhan ikan karena penelitian ini belum menguji kecernaan, palatabilitas, rasio konversi pakan, pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan respons kesehatan ikan. Oleh karena itu, pengujian biologis lanjutan diperlukan untuk memastikan kelayakan formulasi pakan tersebut dalam budidaya ikan nila.

Kata kunci: Daun Kelor; Fitobiotik; Ikan Nila; Komposisi Kimia Pakan; Tepung Bulu Ayam.

1. LATAR BELAKANG

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas akuakultur air tawar yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan karena pertumbuhannya relatif cepat, kemampuan adaptasinya luas, serta penerimaan pasar yang kuat. Dalam sistem budidaya intensif maupun semi-intensif, pakan menjadi komponen produksi yang sangat menentukan keberhasilan usaha karena berhubungan langsung dengan pertumbuhan, efisiensi konversi nutrisi, kelangsungan hidup, dan kualitas hasil budidaya. Pakan akuakultur yang baik harus mampu memenuhi kebutuhan protein, asam amino, lipid, energi, mineral, vitamin, dan komponen fungsional secara seimbang agar metabolisme ikan berlangsung optimal (National Research Council, 2011). Oleh sebab itu, pengembangan pakan ikan nila berbasis bahan baku lokal perlu diarahkan pada formulasi yang tidak hanya murah, tetapi juga memiliki komposisi kimia yang sesuai sebagai dasar evaluasi mutu pakan.

Urgensi pengembangan pakan alternatif semakin kuat karena biaya pakan merupakan salah satu komponen terbesar dalam produksi akuakultur. Fluktuasi harga bahan pakan konvensional, terutama tepung ikan dan sumber protein komersial, dapat memengaruhi kelayakan ekonomi usaha budidaya. Produksi akuafeed juga berkaitan dengan isu keberlanjutan karena penggunaan bahan berbasis ikan membutuhkan sumber daya yang semakin terbatas (Ghamkhar & Hicks, 2020). Kajian sistematis menunjukkan bahwa penggantian tepung ikan dengan sumber protein alternatif tidak selalu menurunkan pertumbuhan ikan apabila bahan hewani dan nabati dikombinasikan secara tepat sehingga mampu menyediakan profil nutrisi yang saling melengkapi (Macusi et al., 2023). Bahan alternatif lain, seperti tepung larva serangga, juga telah dilaporkan dapat menggantikan sebagian sumber protein konvensional pada ikan tertentu (Lu et al., 2020). Dengan demikian, inovasi formulasi pakan berbasis bahan lokal menjadi langkah penting untuk meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mendukung akuakultur berkelanjutan.

Meskipun potensi bahan lokal cukup besar, pemanfaatannya dalam pakan ikan nila masih menghadapi persoalan ilmiah dan teknis. Masalah utama penelitian ini adalah belum optimalnya pemanfaatan kombinasi tepung bulu ayam, tepung daun kelor, dan kunyit sebagai bahan formulasi pakan ikan nila yang memiliki komposisi kimia sesuai dan berpotensi menekan biaya produksi. Tepung bulu ayam merupakan hasil samping industri unggas yang tersedia melimpah dan memiliki kandungan protein tinggi. Bahan ini dilaporkan mengandung protein sekitar 75-90%, tetapi protein utamanya berbentuk keratin yang memiliki struktur kuat dan sulit dicerna (Poolsawat et al., 2021). Oleh karena itu, pemanfaatan tepung bulu ayam tidak

cukup hanya didasarkan pada kandungan protein total, tetapi juga harus mempertimbangkan proses pengolahan, pencernaan, dan keseimbangan asam amino.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kunyit (*Curcuma longa*) memberikan pendekatan komplementer dalam formulasi pakan alternatif tersebut. Daun kelor dimanfaatkan sebagai sumber protein nabati dan bahan fungsional karena mengandung protein, mineral, vitamin, serat, dan senyawa bioaktif. Masitlha et al. (2024) melaporkan bahwa daun kelor memiliki kandungan protein, lemak, abu, serat, dan karbohidrat yang relevan sebagai bahan pakan berbasis tanaman. Pada ikan nila, suplementasi tepung daun kelor juga dilaporkan dapat mendukung pertumbuhan, respons stres, dan indikator kesehatan tertentu (Elabd et al., 2019; Azhar et al., 2021; Parveen et al., 2024). Sementara itu, kunyit mengandung kurkuminoid yang dikaitkan dengan aktivitas antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan imunostimulan. Kurkumin dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan, kapasitas antioksidan, dan respons imun ikan nila, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada dosis dan kondisi pemeliharaan (Abdel-Ghany et al., 2023; Komal et al., 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian pada evaluasi kombinasi tepung bulu ayam, tepung daun kelor, dan kunyit dalam formulasi pakan ikan nila, khususnya dari aspek komposisi kimia pakan. Sebagian besar kajian terdahulu menyoroti penggunaan tepung bulu ayam terhidrolisis sebagai pengganti tepung ikan, pemanfaatan daun kelor sebagai bahan pakan fungsional, atau penggunaan kurkumin sebagai aditif fitobiotik. Namun, informasi mengenai bagaimana perubahan proporsi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor dengan penambahan kunyit tetap memengaruhi kadar protein, air, abu, lemak, serat kasar, dan karbohidrat pakan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perbedaan formulasi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor dengan penambahan kunyit sebagai fitobiotik terhadap komposisi kimia pakan ikan nila. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada analisis kimia pakan, sehingga hasilnya diposisikan sebagai dasar awal untuk pengembangan formulasi dan pengujian biologis lanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

Ikan nila termasuk spesies akuakultur penting karena pertumbuhannya cepat, toleran terhadap kondisi lingkungan beragam, dan mampu memanfaatkan bahan pakan hewani maupun nabati (El-Sayed, 2020). Karakter omnivora dan saluran pencernaan yang relatif panjang membuat spesies ini sesuai digunakan dalam kajian awal formulasi pakan alternatif berbasis bahan lokal. Dalam konteks penelitian ini, pemahaman mengenai kebutuhan nutrisi

ikan nila menjadi dasar untuk menilai apakah formulasi pakan yang dihasilkan memiliki komposisi proksimat yang mendukung pengembangan pakan lebih lanjut.

Nutrisi merupakan faktor fundamental yang menentukan pertumbuhan, efisiensi pakan, kesehatan, dan kelangsungan hidup ikan nila. Komponen nutrisi utama dalam pakan ikan meliputi protein, lemak, karbohidrat, serat, vitamin, mineral, kadar air, dan kadar abu. Protein menjadi komponen utama karena menyediakan asam amino untuk pembentukan jaringan, sintesis enzim, hormon, dan berbagai fungsi metabolik (National Research Council, 2011). Kebutuhan protein ikan nila dapat bervariasi sesuai fase pertumbuhan, sistem budidaya, kepadatan, strain, mutu bahan baku, kualitas air, dan suhu (Meurer et al., 2024). Pada tilapia, kebutuhan protein kasar dalam pakan dilaporkan sekitar 280-320 g/kg, dengan perhatian khusus pada keseimbangan asam amino esensial, terutama lisin dan metionin (Poolsawat et al., 2021).

Lemak berfungsi sebagai sumber energi padat, penyedia asam lemak esensial, serta media penyerapan vitamin larut lemak. Serat kasar berperan dalam aktivitas pencernaan, tetapi kadar yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi pemanfaatan nutrisi. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi non-protein dan kontribusinya dalam pakan ikan perlu dipertimbangkan bersama status metabolik dan kapasitas pemanfaatan karbohidrat pada spesies tertentu (Peng et al., 2020). Kadar air menjadi parameter mutu karena berkaitan dengan stabilitas dan daya simpan pakan, sedangkan kadar abu menggambarkan residu mineral anorganik setelah pembakaran. Analisis proksimat menjadi pendekatan baku untuk mengevaluasi kadar air, protein, lemak, abu, serat, dan karbohidrat dalam bahan pakan (AOAC International, 2023).

Tepung bulu ayam merupakan salah satu bahan pakan alternatif yang berasal dari limbah pemotongan unggas. Bahan ini memiliki kandungan protein tinggi, sekitar 75-90%, tetapi sebagian besar proteinnya berbentuk keratin yang secara alami sulit dicerna. Tepung bulu ayam juga memiliki keterbatasan pada beberapa asam amino esensial, seperti histidin, lisin, metionin, dan triptofan dibandingkan tepung ikan (Poolsawat et al., 2021). Oleh karena itu, penggunaannya dalam formulasi pakan perlu dikombinasikan dengan bahan lain agar profil asam amino menjadi lebih seimbang. Fermentasi dan pengolahan tepung bulu ayam dilaporkan dapat meningkatkan kualitas bahan pakan karena membantu memperbaiki pemanfaatan protein (Mulia et al., 2016; Andriani et al., 2024).

Dalam akuakultur, tepung bulu ayam terhidrolisis telah dievaluasi sebagai pengganti sebagian tepung ikan. Pada benih nila, kombinasi sumber protein hewani dan nabati dapat menghasilkan respons komplementer, terutama ketika tepung bulu ayam dikombinasikan

dengan tepung ikan dan bungkil kedelai pada level penggantian yang sesuai (Klemesrud et al., 2014; Suloma et al., 2014). Poolsawat et al. (2021) juga menunjukkan bahwa tepung bulu ayam enzimatis dapat dimanfaatkan dalam pakan tilapia apabila proses enzimolisis dan keseimbangan asam amino diperhatikan. Dengan demikian, tepung bulu ayam memiliki posisi penting sebagai sumber protein alternatif, tetapi pemanfaatannya dalam formulasi tetap perlu ditafsirkan bersama proses pengolahan, komposisi kimia, pencernaan, dan keseimbangan asam amino.

Daun kelor dikenal sebagai bahan tanaman dengan nilai gizi tinggi dan potensi besar dalam bidang pangan maupun pakan. Daun kelor mengandung protein, mineral, serat, karbohidrat, vitamin, flavonoid, fenol, karotenoid, serta antioksidan yang berpotensi mendukung kesehatan ikan (Masitlha et al., 2024). Dalam formulasi pakan ikan, daun kelor berperan sebagai sumber protein nabati dan bahan fungsional yang dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan konvensional. Pada ikan nila, tepung daun kelor dilaporkan dapat mendukung respons pertumbuhan, stres, dan parameter imun tertentu (Elabd et al., 2019; Azhar et al., 2021; Parveen et al., 2024). Namun, dalam penelitian yang hanya menganalisis komposisi kimia pakan, manfaat biologis daun kelor tetap harus dikonfirmasi melalui uji pencernaan, pertumbuhan, efisiensi pakan, dan respons kesehatan ikan.

Kunyit digunakan sebagai fitobiotik alami karena mengandung kurkumin, demetoksikurkumin, dan bisdemetoksikurkumin. Kurkumin berperan sebagai senyawa antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan imunostimulan alami. Pada ikan nila, kurkumin dilaporkan dapat memperbaiki respons imun dan kapasitas antioksidan (Komal et al., 2024), sedangkan nano-kurkumin menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan performa pertumbuhan dan resistensi terhadap stres panas pada kondisi tertentu (Abdel-Ghany et al., 2023). Dalam penelitian ini, kunyit ditambahkan pada kadar tetap sebesar 5% pada semua perlakuan. Oleh karena itu, penelitian ini tidak dirancang untuk membandingkan dosis kunyit, melainkan untuk menilai perbedaan proporsi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor dalam formulasi pakan.

Berdasarkan landasan teoritis tersebut, hipotesis penelitian ini adalah bahwa variasi komposisi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor dengan penambahan kunyit 5% sebagai fitobiotik memberikan pengaruh nyata terhadap komposisi kimia pakan ikan nila. Parameter yang digunakan untuk menguji hipotesis tersebut meliputi kadar protein, kadar lemak, serat kasar, kadar abu, kadar air, dan karbohidrat. Tinjauan pustaka ini menempatkan penelitian pada irisan antara pemanfaatan limbah unggas, bahan tanaman bernilai gizi, dan fitobiotik herbal

sebagai dasar pengembangan pakan ikan nila berbasis bahan lokal, dengan batasan utama pada evaluasi komposisi kimia pakan sebelum dilakukan pengujian biologis lebih lanjut.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari sampai Maret 2026, mencakup tahapan persiapan bahan baku penyusun pakan, pembuatan formulasi, analisis laboratorium, pengolahan data, dan penyusunan laporan penelitian. Pembuatan bahan serta penyusunan formulasi pakan dilakukan di Laboratorium Perikanan Universitas Muhammadiyah Gorontalo. Analisis komposisi kimia pakan dilakukan di Laboratorium Penjaminan Mutu Hasil Perikanan Provinsi Gorontalo. Pemilihan lokasi tersebut disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, yaitu tersedianya fasilitas pengolahan bahan pakan dan laboratorium untuk menganalisis komposisi kimia pakan ikan nila berbasis tepung bulu ayam, tepung daun kelor, dan penambahan kunyit sebagai fitobiotik.

Bahan yang digunakan terdiri atas tepung bulu ayam, tepung daun kelor, kunyit, tepung jagung, dan tepung kanji. Tepung bulu ayam digunakan sebagai sumber protein hewani alternatif, sedangkan tepung daun kelor digunakan sebagai sumber protein nabati dan bahan fungsional. Kunyit digunakan sebagai fitobiotik herbal yang ditambahkan pada semua perlakuan dalam proporsi yang sama. Tepung jagung digunakan sebagai bahan tambahan formulasi, sedangkan tepung kanji berfungsi sebagai perekat dalam pembuatan pakan. Peralatan utama yang digunakan meliputi timbangan digital, penggiling, ayakan, oven pengering, blender atau mixer pakan, serta peralatan laboratorium untuk analisis proksimat.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan. Rancangan Acak Lengkap sesuai digunakan apabila unit percobaan relatif homogen dan setiap perlakuan dapat diberikan secara acak, sedangkan analisis varians digunakan untuk menguji apakah perbedaan rata-rata antarperlakuan lebih besar daripada variasi galat percobaan (Gomez & Gomez, 1984). Fokus penelitian adalah analisis komposisi kimia pakan berbasis kombinasi tepung bulu ayam, tepung daun kelor, dan penambahan kunyit sebagai fitobiotik. Kunyit dipertahankan tetap sebesar 5% pada semua perlakuan sehingga faktor utama yang dibandingkan adalah perubahan proporsi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor. Komposisi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi perlakuan pakan ikan nila.

Perlakuan	Tepung bulu ayam (%)	Tepung daun kelor (%)	Kunyit (%)	Tepung jagung (%)	Tepung kanji (%)
P1	55	25	5	10	5
P2	40	40	5	10	5
P3	25	55	5	10	5

Sumber: Data primer penelitian, 2026.

Tepung bulu ayam diperoleh dari limbah rumah potong ayam. Bahan tersebut dibersihkan, direbus selama 30 menit untuk menghilangkan lemak, kemudian dikeringkan pada suhu 60°C. Setelah proses pengeringan selesai, bulu ayam digiling hingga halus agar dapat dicampurkan secara merata dalam formulasi pakan. Tepung daun kelor dibuat dari daun segar yang dicuci, dikeringkan pada suhu kurang dari 60°C untuk mempertahankan senyawa bioaktif, kemudian digiling hingga halus pada ukuran mesh 60. Kunyit disiapkan sebagai bahan herbal aktif yang mengandung senyawa bioaktif dan digunakan dalam setiap perlakuan sebagai fitobiotik dengan proporsi tetap sebesar 5%.

Data penelitian dikumpulkan melalui analisis proksimat pakan untuk menentukan komposisi kimia dari setiap formulasi. Parameter yang diuji meliputi kadar protein kasar, kadar lemak kasar, serat kasar, kadar abu, kadar air, dan karbohidrat. Analisis dilakukan berdasarkan prosedur standar AOAC karena metode AOAC merupakan standar internasional untuk analisis kimia pangan dan pakan (AOAC International, 2023). Protein kasar dianalisis menggunakan metode Kjeldahl melalui pengukuran nitrogen total, kemudian dikonversi menjadi protein menggunakan faktor konversi 6,25. Serat kasar dianalisis melalui metode digesti asam dan basa. Kadar abu dianalisis menggunakan furnace pada suhu 550-600°C. Kadar air dianalisis menggunakan metode oven pada suhu 105°C. Lemak kasar dianalisis menggunakan ekstraksi Soxhlet, sedangkan karbohidrat dihitung menggunakan metode by difference.

Data hasil pengujian proksimat dianalisis menggunakan Analysis of Variance melalui uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap setiap parameter komposisi kimia pakan. Penelitian ini menggunakan tiga perlakuan dan tiga ulangan, sehingga struktur derajat bebas dalam ANOVA adalah derajat bebas perlakuan = 2, derajat bebas galat = 6, dan derajat bebas total = 8. Kaidah keputusan menyatakan bahwa apabila F hitung lebih kecil daripada F tabel, H₀ diterima dan perlakuan dinyatakan tidak berpengaruh nyata. Sebaliknya, apabila F hitung lebih besar daripada F tabel, H₁ diterima dan perlakuan dinyatakan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diuji. Setelah ANOVA menunjukkan pengaruh signifikan, analisis dilanjutkan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil untuk membandingkan rata-rata antarperlakuan (Steel et al., 1997).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kimia pakan dilakukan untuk mengevaluasi komposisi proksimat pakan ikan nila yang diformulasikan menggunakan tepung bulu ayam, tepung daun kelor, dan penambahan kunyit sebagai fitobiotik. Parameter yang dianalisis meliputi kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, serat kasar, dan karbohidrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan proporsi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor berpengaruh terhadap seluruh parameter komposisi kimia pakan. P3 menghasilkan nilai tertinggi pada kadar protein, kadar abu, serat kasar, dan karbohidrat, sedangkan P2 menghasilkan kadar lemak tertinggi.

Tabel 2. Komposisi kimia pakan ikan nila pada setiap perlakuan.

Parameter (%)	P1	P2	P3
Kadar protein	21,65 ± 0,02c	21,93 ± 0,03b	22,60 ± 0,05a
Kadar air	0,51 ± 0,01c	0,95 ± 0,05b	1,25 ± 0,05a
Kadar abu	4,28 ± 0,02c	5,56 ± 0,05b	6,65 ± 0,05a
Kadar lemak	6,25 ± 0,05b	6,54 ± 0,05a	5,70 ± 0,05c
Serat kasar	5,62 ± 0,08b	6,58 ± 0,08a	6,55 ± 0,05a
Karbohidrat	7,50 ± 0,05c	8,25 ± 0,05b	8,45 ± 0,05a

Keterangan: angka pada baris yang sama dengan huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf $P < 0,05$. Data disajikan sebagai rata-rata ± simpangan baku.

Tabel 3. Ringkasan ANOVA komposisi kimia pakan ikan nila.

Parameter	db perlakuan	db galat	JK perlakuan	KT perlakuan	F hitung	Keputusan
Kadar protein	2	6	1,4433	0,7216	606,98	Sangat nyata
Kadar air	2	6	0,8391	0,4195	245,19	Sangat nyata
Kadar abu	2	6	8,4410	4,2205	2344,71	Sangat nyata
Kadar lemak	2	6	1,0905	0,5452	213,36	Sangat nyata
Serat kasar	2	6	1,7683	0,8841	192,67	Sangat nyata
Karbohidrat	2	6	1,5050	0,7525	301,00	Sangat nyata

Keterangan: jumlah perlakuan = 3 dan ulangan = 3, sehingga derajat bebas perlakuan = 2, derajat bebas galat = 6, dan derajat bebas total = 8.

Kadar protein meningkat dari P1 sebesar 21,65% menjadi P2 sebesar 21,93% dan mencapai nilai tertinggi pada P3 sebesar 22,60%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa formulasi dengan proporsi tepung daun kelor lebih tinggi berkontribusi terhadap peningkatan protein total pakan. Hal ini dapat dikaitkan dengan kandungan protein daun kelor yang cukup tinggi serta keberadaan tepung bulu ayam sebagai sumber protein hewani alternatif. Daun kelor diketahui memiliki kandungan protein, mineral, serat, dan karbohidrat yang relevan sebagai bahan pakan, sehingga peningkatan proporsinya pada P3 dapat menjelaskan kenaikan beberapa parameter proksimat secara bersamaan (Masitlha et al., 2024). Namun, kadar protein 21,65-22,60% masih lebih rendah dibandingkan kebutuhan protein ikan nila yang sering dinyatakan sekitar 28-35% atau 280-320 g/kg protein kasar, tergantung fase pertumbuhan dan kondisi

budidaya (Poolsawat et al., 2021; Meurer et al., 2024). Oleh karena itu, P3 lebih tepat dinyatakan sebagai formulasi paling menonjol berdasarkan komposisi kimia proksimat, bukan sebagai pakan terbaik untuk pertumbuhan sebelum dilakukan pengujian biologis.

Kadar air pakan juga menunjukkan perbedaan antarperlakuan. P1 menghasilkan kadar air sebesar 0,51%, P2 sebesar 0,95%, sedangkan P3 meningkat menjadi 1,25%. Kadar air merupakan parameter penting yang berhubungan dengan stabilitas penyimpanan, risiko pertumbuhan mikroorganisme, dan kerusakan kimia bahan pakan (AOAC International, 2023). Seluruh nilai kadar air dalam penelitian ini tergolong rendah, sehingga pakan berpotensi memiliki stabilitas penyimpanan yang baik berdasarkan parameter kadar air. Peningkatan kadar air pada P3 kemungkinan berkaitan dengan tingginya proporsi bahan nabati, terutama daun kelor, yang dapat memengaruhi kemampuan bahan menyerap atau mengikat air selama proses pengolahan.

Kadar abu meningkat dari P1 sebesar 4,28% menjadi P2 sebesar 5,56% dan P3 sebesar 6,65%. Peningkatan kadar abu pada P3 kemungkinan besar berkaitan dengan kandungan mineral daun kelor, termasuk kalsium, besi, dan magnesium. Kadar abu mencerminkan total mineral anorganik setelah pembakaran bahan, sehingga peningkatan kadar abu pada formulasi dengan proporsi daun kelor tinggi dapat diinterpretasikan sebagai peningkatan kandungan mineral total pakan (AOAC International, 2023). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi tepung daun kelor berkontribusi terhadap peningkatan kadar abu pakan sebagai indikator kandungan mineral total.

Kadar lemak tertinggi terdapat pada P2 sebesar 6,54%, sedangkan P1 sebesar 6,25% dan P3 sebesar 5,70%. Nilai lemak semua perlakuan berada pada kisaran 5,70-6,54%, mendekati rentang ideal lemak pakan ikan nila yang disebut sekitar 6-10%. Lemak penting sebagai sumber energi, penyedia asam lemak esensial, dan pendukung efisiensi pemanfaatan protein (National Research Council, 2011). Tingginya kadar lemak pada P2 menunjukkan bahwa rasio seimbang tepung bulu ayam dan tepung daun kelor masing-masing 40% menghasilkan kadar lemak paling tinggi dibandingkan P1 dan P3. Sebaliknya, penurunan kadar lemak pada P3 diduga berkaitan dengan penurunan proporsi tepung bulu ayam dan peningkatan proporsi daun kelor.

Serat kasar meningkat dari P1 sebesar 5,62% menjadi P2 sebesar 6,58% dan P3 sebesar 6,55%. Nilai ini masih berada pada kisaran 5-8% yang dapat diterima untuk pakan ikan nila. Peningkatan serat pada P2 dan P3 berkaitan dengan peningkatan penggunaan daun kelor, karena bahan daun umumnya mengandung fraksi serat lebih tinggi. Walaupun serat dalam jumlah moderat dapat mendukung fungsi pencernaan, kadar yang terlalu tinggi dapat

menurunkan pencernaan dan efisiensi pemanfaatan nutrisi. Oleh sebab itu, penggunaan daun kelor dalam formulasi lengkap perlu tetap dikendalikan agar manfaat protein, mineral, dan senyawa bioaktifnya tidak diikuti oleh peningkatan faktor pembatas pencernaan (Elabd et al., 2019).

Karbohidrat meningkat dari P1 sebesar 7,50% menjadi P2 sebesar 8,25% dan P3 sebesar 8,45%. Karena karbohidrat dihitung menggunakan metode by difference, peningkatan ini mencerminkan perubahan komposisi total pakan akibat variasi protein, lemak, air, abu, dan serat. Karbohidrat berperan sebagai sumber energi non-protein yang dapat membantu pemanfaatan protein untuk pertumbuhan. Secara keseluruhan, P3 menjadi perlakuan paling menonjol untuk kadar protein, kadar abu, serat kasar, dan karbohidrat, sedangkan P2 unggul pada kadar lemak. Namun, keberhasilan protein alternatif tidak hanya ditentukan oleh komposisi kimia, tetapi juga oleh asam amino pembatas, pencernaan, palatabilitas, faktor antinutrisi, dan proses pengolahan bahan (Macusi et al., 2023). Tepung bulu ayam memiliki protein tinggi, tetapi kecernaannya rendah jika tidak diproses secara memadai; hidrolisis atau enzimolisis diperlukan untuk meningkatkan pemanfaatannya (Poolsawat et al., 2021). Karena kunyit digunakan pada kadar tetap 5% pada semua perlakuan, efek kurkumin sebagai fitobiotik tidak dapat dipisahkan secara statistik dari perubahan proporsi tepung bulu ayam dan tepung daun kelor, meskipun kurkuminoid diketahui potensial mendukung respons antioksidan dan imun ikan nila (Komal et al., 2024; Abdel-Ghany et al., 2023). Dengan demikian, hasil penelitian ini harus dipahami sebagai evaluasi komposisi kimia pakan, bukan sebagai bukti langsung kelayakan biologis formulasi untuk pertumbuhan ikan nila.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Formulasi pakan berbasis tepung bulu ayam, tepung daun kelor, dan penambahan kunyit sebagai fitobiotik memengaruhi komposisi kimia pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Perlakuan P3, yang mengandung tepung bulu ayam 25%, tepung daun kelor 55%, kunyit 5%, tepung jagung 10%, dan tepung kanji 5%, menunjukkan komposisi proksimat paling menonjol dengan kadar protein 22,60%, kadar abu 6,65%, serat kasar 6,55%, dan karbohidrat 8,45%. Sementara itu, perlakuan P2 menghasilkan kadar lemak tertinggi sebesar 6,54%, sehingga lebih unggul pada parameter energi lipid. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi tepung daun kelor dalam formulasi pakan berpotensi memperbaiki beberapa parameter kimia pakan, terutama protein, mineral, serat, dan karbohidrat, sedangkan formulasi seimbang antara tepung bulu ayam dan tepung daun kelor lebih mendukung kandungan lemak. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pakan alternatif ikan nila

berbasis bahan lokal dengan memanfaatkan limbah bulu ayam, daun kelor, dan kunyit sebagai fitobiotik. Namun, karena penelitian ini terbatas pada analisis kimia, kelayakan formulasi sebagai pakan budidaya masih perlu dikonfirmasi melalui uji biologis yang mencakup pencernaan, pertumbuhan, efisiensi pakan, kelangsungan hidup, dan respons kesehatan ikan.

DAFTAR REFERENSI

- Abdel-Ghany, H. M., El-Sisy, D. M., & Salem, M. E.-S. (2023). A comparative study of effects of curcumin and its nanoparticles on the growth, immunity and heat stress resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Scientific Reports*, *13*, Article 2523. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29343-z>
- Andriani, Y., Pratama, R. I., & Aisyah. (2024). Peningkatan kualitas limbah bulu ayam sebagai bahan pakan ikan dengan metode fermentasi menggunakan bakteri. *Journal of Fish Nutrition*, *4*(2), 69–82. <https://doi.org/10.29303/jfn.v4i2.5335>
- AOAC International. (2023). *Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL* (22nd ed.). AOAC International/Oxford Academic. <https://academic.oup.com/officialmethodsofanalysis-aoac>
- Azhar, F., Sumarjan, N. S., & Hilyana, S. (2021). Combination of Moringa leaf meal and probiotics in feed for tilapia (*Oreochromis niloticus*) seeds survival and immune system. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, *10*(1), 117–126. <https://doi.org/10.20473/jafh.v10i1.21835>
- Elabd, H., Soror, E., El-Asely, A., Abd El-Gawad, E., & Abbass, A. (2019). Dietary supplementation of Moringa leaf meal for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effect on growth and stress indices. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, *45*(3), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.05.009>
- El-Sayed, A.-F. M. (2020). *Tilapia culture* (2nd ed.). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128165096/tilapia-culture>
- Ghamkhar, R., & Hicks, A. (2020). Comparative environmental impact assessment of aquafeed production: Sustainability implications of forage fish meal and oil-free diets. *Resources, Conservation and Recycling*, *161*, Article 104849. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104849>
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Statistical+Procedures+for+Agricultural+Research%2C+2nd+Edition-p-9780471870920>
- Klemesrud, M. J., Klopfenstein, T. J., & Lewis, A. J. (2014). Evaluation of hydrolyzed feather meal as a source of protein for diets of juvenile Nile tilapia. *Aquaculture International*, *22*, 1377–1390. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9753-y>
- Komal, W., Fatima, S., Minahal, Q., & Liaqat, R. (2024). Enhancing growth, antioxidant capacity, and immune response in tilapia (*Oreochromis niloticus*) through curcumin supplementation across varied stocking density paradigms. *PLOS ONE*, *19*(11), Article e0311146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311146>
- Lu, R., Chen, Y., Yu, W., Lin, M., Yang, G., Qin, C., Meng, X., Zhang, Y., Ji, H., & Nie, G. (2020). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal can replace soybean

- meal in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) diets. *Aquaculture Reports*, 18, Article 100520. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100520>
- 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>
- Masitlha, E. P., Seifu, E., & Teketay, D. (2024). Nutritional composition and mineral profile of leaves of *Moringa oleifera* provenances grown in Gaborone, Botswana. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6, Article 3. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00183-8>
- Meurer, F., Novodworski, J., & Bombardelli, R. A. (2024). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.004>
- Mulia, D. S., Yuliningsih, R. T., Maryanto, H., & Purbomartono, C. (2016). Pemanfaatan limbah bulu ayam menjadi bahan pakan ikan dengan fermentasi *Bacillus subtilis*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1), 49–57. <https://doi.org/10.22146/jml.18773>
- National Research Council. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>
- Parveen, S., Rasool, F., Akram, M. N., Khan, N., Ullah, M., Mahmood, S., Rabbani, G., & Manzoor, K. (2024). Effect of *Moringa oleifera* leaves on growth and gut microbiota of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Brazilian Journal of Biology*, 84, Article e250916. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.250916>
- Peng, K., Wang, G., Zhao, H., Wang, Y., Mo, W., Wu, H., & Huang, Y. (2020). Effect of high level of carbohydrate and supplementation of condensed tannins on growth performance, serum metabolites, antioxidant and immune response, and hepatic glycometabolism gene expression of *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture Reports*, 18, Article 100515. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100515>
- Poolsawat, L., Yang, H., Sun, Y.-F., Li, X.-Q., Liang, G.-Y., & Leng, X.-J. (2021). Effect of replacing fish meal with enzymatic feather meal on growth and feed utilization of tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Animal Feed Science and Technology*, 274, Article 114895. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114895>
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (3rd ed.). McGraw-Hill. https://books.google.com/books/about/Principles_and_Procedures_of_Statistics.html?id=XBbvAAAAMAAJ
- Suloma, A., El-Husseiny, O. M., Hassane, M. I., Mabroke, R. S., & El-Haroun, E. R. (2014). Complementary responses between hydrolyzed feather meal, fish meal and soybean meal without amino acid supplementation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *Aquaculture International*, 22, 1377–1390. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9753-y>